Physiologische Vorträge.

Physiologische Vorträge.

Für

Freunde der Naturwissenschaften

niedergeschrieben

von

Dr. F. W. Beneke,

Medicinalrath und Leibarzt S. K. H. des Großherzogs von Oldenburg ꝛc. ꝛc. ꝛc.

Vollständig in einem Bande.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzschnitten und zwei Abbildungen in Farbendruck.

Oldenburg,

Verlag von Ferdinand Schmidt.

1856.

Vorbemerkung.

Die folgenden Vorträge wurden im Winter $18^{54}/_{55}$ auf den Wunsch einiger Freunde der Naturwissenschaften vor einem größern und gemischten Zuhörerkreise größtentheils frei gehalten. Wenn ich jetzt der Aufforderung Folge leiste, dieselben niederzuschreiben und dem Druck zu übergeben, so geschieht es nicht ohne einiges Widerstreben. Nur zu wohl erkenne ich die Größe der Verantwortlichkeit, welche ich bei dem weiten Umfange der vorgetragenen Gegenstände übernehme. Der rasche Fortschritt der Naturwissenschaften in unserer Zeit macht es zur Unmöglichkeit, sich nach Wunsch und Gefallen mit allen neuern Leistungen bekannt zu erhalten, und, außer der Gefahr einzelnen Fachmännern ungerecht zu werden, liegt die Besorgniß nahe, durch Unbekanntschaft mit manchen der neuesten Zeit angehörigen Forschungen da das Vorhandensein einer Lücke anzudeuten, wo bereits sichere Thatsachen das Fundament weiterer Bestrebungen bilden. Andererseits läuft bei der Menge vorhandener und stets neu erscheinender populärer naturwissenschaftlicher Schriften eine jede neue Zusammenstellung oder Verarbeitung bekannter Thatsachen nur zu leicht Gefahr, als zwecklose Bücherschreiberei oder überflüssige Arbeit betrachtet zu werden. — Ein dreifacher Gesichtspunkt hat mich aber dennoch zur Uebernahme der Arbeit bewogen.

Zunächst wende ich mich an die Freunde der Naturwissenschaften im Allgemeinen, an „die Gebildeten aller Stände." Ihnen möchte ich das Verständniß der uns umgebenden Natur erschließen helfen, ihnen den erhebenden und anregenden Genuß zugänglich machen, den ein tieferes Eindringen in dieselbe bereitet, ihnen endlich die Namen derjenigen Männer vertraut werden lassen, denen die Naturwissenschaften ihre jetzige Höhe der Ausbildung verdanken, aus deren Werken ich schöpfte und deren Forschungen mir selbst so mannigfache Anregung gaben. — Ich gestehe es offen, daß ich bei der Mehrzahl populärer naturwissenschaftlicher Schriften, die den heutigen Büchermarkt füllen, hinsichtlich der von ihnen zu erfüllenden Aufgabe bald mehr, bald weniger vermißt habe. Bald gewinnt der Zweck einer leichten und angenehmen Unterhaltung so sehr das Uebergewicht, daß der Gegenstand selbst, jedes wissenschaftlichen Gewandes baar, in einer seiner unwürdigen Form erscheint; — man kann aber sehr wohl einen wissenschaftlichen Gegenstand populär vortragen, ohne ihn deshalb im Mindesten an seiner ihm eigenthümlichen Würde eine Einbuße erleiden zu lassen. — Bald wieder setzen die Schriften so viele Kenntnisse voraus, daß eine gewisse Unverständlichkeit des Gegenstandes den Leser eher von den Naturwissenschaften wegwendet, als mit Liebe zu ihnen erfüllt; — will man aber populär schreiben, so darf man nicht versäumen, da anzufangen, wo man mit seinem eigenen Wissen begonnen hat. Bald wieder wird der Gegenstand in rein docirender Form, wie in einem Schulbuch vorgetragen, und Treffliches ist z. B. in dieser Beziehung in dem weitverbreiteten „Buch der Natur" von Schödler geleistet; — allein in dieser Weise entstehen naturwissenschaftliche Lehrbücher, deren genaueres Studium erst dann recht ersprießlich wird, wenn ihm eine richtige allgemeine Auffassung der Natur vorangeht, eine Auffassung, welche durch eine ebensowohl belehrende, als unterhaltende Form von Vorträgen vielleicht am sichersten herbeigeführt wird. Bald endlich führt man dem

Leser einzelne Abschnitte aus dem Naturganzen, wenn auch in hübscher Form, doch eben zusammenhangslos vor, und es fehlt dem nach klarer Einsicht in den Zusammenhang des Geschehens Strebenden an den richtigen Anknüpfungspunkten und Verbindungsgliedern für seine Vorstellung; — man darf aber nie übersehen, daß die Natur ein großes zusammenhängendes Ganze bildet, daß ohne die Einsicht in diesen Zusammenhang das Einzelne unverständlich bleibt und daß man bei dem Leser in keinem Falle scheinbar natürliche, aber doch ungerechte Voraussetzungen machen soll. Das sind die Einwände, die ich, wie erwähnt, gegen die große Mehrzahl bisher erschienener populärer naturwissenschaftlicher Schriften erheben zu müssen glaube. Dem letzten Vorwurf glaubte ich selbst nur dadurch entgehen zu können, daß ich eben das ganze Gebiet der Natur in das Bereich der Betrachtung zog und was ich damit an der Möglichkeit specieller Darlegungen einbüßte, wird sicher durch den Gewinn eines allgemeinen Verständnisses des zusammenhängenden Ganzen gewonnen. Den ersten beiden Vorwürfen auszuweichen habe ich es mir aber angelegen sein lassen, überall mit der Darlegung der einfachsten Thatsachen und Begriffe zu beginnen, durch die Form der Darstellung das Ermüdende abzuhalten, welches ein mehr docirender Vortrag oder das Studium eines Lehrbuches leicht mit sich führt, endlich aber auch den Gegenstand mit demjenigen Ernste zu behandeln, durch dessen Verkennung auch stets der erhebende Eindruck verloren geht, den das Studium der Naturwissenschaften in so hohem Grade auf das Gemüth ausübt. Für das Verständniß schwieriger populärer Schriften, so wünsche ich, sollen die folgenden Vorträge eine Vorbereitung sein; dem denkenden und strebsamen Naturfreunde sollen sie aber auch etwas mehr geben, als die Mehrzahl der ganz populären und oft sehr oberflächlichen Machwerke schreibseliger Autoren. Ich gehe dabei von der Ansicht aus, daß man dem Laien nicht nur eine Schilderung und Erklärung der am oberflächlichsten gelegenen

Erscheinungen geben, sondern ihm auch hie und da eine tiefere Einsicht in das weite Gebiet der wissenschaftlichen Forschung verschaffen muß. Achtung und Liebe zu derselben wachsen in gleichem Schritt mit der Tiefe der Einsicht. — Das ist den Freunden der Naturwissenschaften gegenüber mein Zweck und mein Wunsch. —

Zu zweit, und das ist ein Hauptbeweggrund meines Unternehmens, wende ich mich an die heranwachsende Generation der Aerzte, an meine werdenden Collegen. Ihnen sollen die Vorträge eine Vorbereitung sein zu den Fachstudien im engern Sinne des Wortes; ihnen wünschte ich den unmittelbaren Zusammenhang der praktischen Medicin mit den allgemeinen Naturwissenschaften von vorn herein klar zu machen, ihnen wünschte ich damit die eigene, so manchem schon betrübende Erfahrung zu ersparen, daß es im praktischen Leben zu spät ist, frühere Versäumnisse nachzuholen und tief gefühlte Lücken des Wissens oder Könnens auszufüllen.

Der werdenden Generation ist der Aufbau einer wissenschaftlichen Heilkunde vorbehalten. Zu solchem Werke bedarf es vor Allem der richtigen Leitung, der richtigen Ausgangspunkte. Nirgends anders aber liegen diese als in der allgemeinen und vergleichenden Physiologie; nirgends anders, als in der richtigen Auffassung des Verhältnisses vom Menschen zu der ihn umgebenden Natur. Nicht mit der Anatomie, nicht mit der speciellen Physiologie des Menschen, oder gar der Heilmittellehre, soll das Studium der Medicin beginnen. Die Krankheits- und Heillehre sind nur kleine Zweige der allgemeinen Naturwissenschaften. Eben so wenig, wie das gesunde, kann das kranke Leben begriffen werden, ohne diese. Ich sehe hier ganz davon ab, daß ohne Hülfe der Chemie und Physik die Erkenntniß des Wesens einer Krankheit unmöglich ist, daß Chemie und Physik in tausend Fällen die richtigen und naturgemäßen Heilmittel für diesen oder jenen Krankheitszustand an die Hand geben. Aber ohne die Kenntniß der unorganisirten Stoffe und ihrer Verbindungen ist das Leben der Pflanze unverständlich;

ohne die Kenntniß vom Leben der Pflanze und ihrer Producte ist das Leben des Thieres ein Räthsel, und ohne die Kenntniß des normalen Thierlebens ist das Wesen der Krankheit, sind die möglichen Mittel und Wege zu ihrer Entfernung nicht zu ergründen. Große, durchgreifende Naturgesetze, die uns die allgemeine Physiologie kennen lehrt, beherrschen, wie das gesammte Geschehen in der Natur, so auch das Leben des thierischen und menschlichen Organismus; ohne ihre gründliche Erkenntniß wird es immer ein vergeblicher Versuch sein, sich die Erscheinungen des gesunden oder kranken Lebens zu deuten. Nicht die Kenntniß einiger Krankheitserscheinungen und vieler Arzneimittel machen den Arzt; der allgemeine Physiolog ohne jedes Arzneimittel im engern Sinne des Wortes wird stets ein besserer Rathgeber sein in Krankheiten, als der beste Pharmacolog ohne allgemeine Physiologie. Die Beweise für die Richtigkeit dieser Behauptungen werde ich an vielen Stellen der nachfolgenden Vorträge niederlegen; und mag es auch heutigen Tages auf den ersten Blick noch als ein Sprung auf ein fremdes Gebiet erscheinen, wenn der praktische Arzt zu allgemein-physiologischen Vorträgen sich anschickt, es wird nicht lange mehr währen, bis sich allgemein die Ansicht Bahn bricht, daß die allgemeine Physiologie das ABC aller Krankheits- und Heillehre ist. Das ist es, was mich veranlaßt, die nachstehenden Vorträge als eine Propaedeutik für angehende Mediciner zu bezeichnen, und erreiche ich mit ihnen den Zweck, den letztern den richtigen Anfang und Weg für ein segensreiches Studium zu zeigen, ihnen den vielen Pfuschereien und handwerkerartigem Getreibe auf dem Gebiete der praktischen Medicin gegenüber einen festen Anhaltspunkt, eine feste Basis für ihren eigenen Fortbau zu geben, so habe ich einen lang und tief gehegten Wunsch erreicht.

Zu dritt wende ich mich an meine Zuhörer. Ihnen möchte ich durch das vorliegende Werk Gelegenheit geben, sich des in wenigen Stunden Gehörten und Gesehenen in ruhiger Muße noch

einmal zu erinnern. Das rege Interesse, welches den Vorträgen von einem nicht kleinen Kreise von Zuhörern geschenkt wurde, hat mir bewiesen, daß die Art der Darstellung und die Anordnung des Inhalts nicht unpassend gewählt waren; es läßt mich jetzt hoffen, daß es auch über die Zeit der Vorträge hinaus fortdauert. Mögen ihm die folgenden Blätter zur Handhabe dienen; mögen sie die rege Liebe zu den Naturwissenschaften stets wach erhalten und zu weitern Bestrebungen anregen!

So suche sich das Buch seinen Weg. — Sollte es Fachmännern zu Gesicht kommen, so muß ich bitten, den Zweck des Ganzen nicht zu übersehen und mein Unternehmen nachsichtig zu beurtheilen. Es ist mein Wunsch, daß, was ich selbst nur als einen Anfang, als flüchtige Skizzen betrachte, später von verschiedenen und kundigen Händen, jedoch ohne Beeinträchtigung der Kürze und Einfachheit der Darstellung, gesichtet und verbessert werde. Was ich geben wollte, sollte nur ein Grundriß sein, in welcher Jeder nach Gefallen das feinere Detail hineinzeichnen könnte, der aber als solcher dennoch genügte, um dem Naturfreunde eine klare Uebersicht über das Naturganze zu verschaffen.

Oldenburg, d. 2. Juli 1855.

Der Verfasser.

Zur Einleitung.

Die Landwirthe sprechen von einer Wechselwirthschaft und verstehen darunter eine der Art wechselnde Bepflanzung des Bodens, daß demselben in einem Jahre vorzugsweise die einen, in dem andern vorzugsweise andere Bestandtheile entzogen werden. Je nach der Beschaffenheit des Bodens selbst fällt diese Behandlung verschieden aus; die Umläufe der Fruchtfolgen sind bald kürzer, bald länger, die Fruchtfolgen selbst differiren mannigfach. Das Wesentliche bleibt aber immer das, daß man diejenige Erschöpfung des Bodens an gewissen Bestandtheilen zu vermeiden sucht, welche unfehlbar durch oft wiederholte Anpflanzung ein und derselben Frucht entstehen und das fernere Gedeihen derselben unmöglich machen würde, daß man dabei dennoch den größtmöglichen Nutzen aus den einmal gegebenen Verhältnissen zu ziehen trachtet und daß man endlich dafür Sorge trägt, daß die durch eine Fruchtreife hinweggenommenen Bodenbestandtheile während des Anbaues und der Reife einer anderen oder während einer Brache-Zeit durch Düngung oder wiederholtes Aufschließen des Bodens in das frühere Mengenverhältniß zurücktreten.

Eine ganz ähnliche Wechselwirthschaft erfordert unser geistiges Leben. Nicht nur daß auch hier, wie überall in der Natur, ein harmonischer Wechsel von Ruhe und Bewegung obwalten soll, in der Bewegung selbst soll auch eine derartige Abwechslung stattfinden, daß die Gefahr der Erschöpfung vermieden wird und doch der Gewinn einer möglichst vielseitigen Benutzung der gegebenen Kräfte nicht verloren geht. Alltägliches Berufsleben, freie geistige Bewegung, Kunstgenuß, allgemein wissenschaftliche Beschäftigung, sie können gewissermaßen als

Fruchtfolgen auf dem fruchtbaren Boden des menschlichen Geistes betrachtet werden und ein guter Haushalter muß sie zu ordnen wissen.

In der rastlos schaffenden Zeit, in welcher wir leben, in welcher die Anforderungen an den Einzelnen von Jahr zu Jahr steigen, wird das Bedürfniß nach einer geregelten Verwendung der Geisteskräfte und einem erfrischenden Wechsel der Gedankenbewegung immer dringender. Wer sich dem Gesetze der Natur entziehen zu können glaubt, wird alsbald durch die eigene Erfahrung von der weisen Nothwendigkeit desselben überzeugt werden. Ein Jeder bedarf der zeitweiligen Ausspannung, des Wechsels der geistigen Beschäftigung; unsere Kunststätten, unsere Bibliotheken, unsere geselligen Institutionen, unsere Ferien- und Feiertage sind von diesem Gesichtspunkte aus nichts anderes, als eine wechselwirthschaftliche Nothwendigkeit. Je weiter sich das geistige Leben des Einzelnen entwickelt hat, um so mehr tritt dabei ein Verlangen nach äußerer Ruhe ein; nur in der Stille vermag sich der Geist, ungefesselt durch äußere Eindrücke, in voller Freiheit zu bewegen; nur in dieser Freiheit der Bewegung stellt sich das Gleichgewicht der geistigen Kräfte vollkommen her; was dem trägen Geiste die Einsamkeit zur Qual macht, macht sie dem regen Geiste zur Wonne.

Mannigfach sind die Früchte des geistigen Lebens, an deren Zucht und Genuß wir uns in dieser Ruhe, den Mußestunden unseres Daseins, erfreuen. Wir preisen die Musik, die mit ihren Klängen schon manche Sorge begrub, schon manche erschöpfte Kraft von Neuem belebte; wir preisen die Malerei und wer sich selbst mit ihr beschäftigte, der wird wissen, welch' neue Frische dem Geiste in dem vertraulichen Umgange eben mit ihr ersteht, welch' befriedigende Ruhe sie über das gesammte Geistesleben zu verbreiten vermag. Aber ebenbürtig steht ihnen ein drittes zur Seite. Es ist der Verkehr mit und in der Natur, der dem im Drange des alltäglichen Lebens erschöpften Geist eine der erquickendsten und lohnendsten Beschäftigungen gewährt.

Die weite Verbreitung und vielseitige Liebe, deren das Studium der Naturwissenschaften heutigen Tages in fast allen Kreisen der gebildeten Welt theilhaftig geworden ist, sind nicht allein Folge der hohen Bedeutung, welche dasselbe für das praktische Leben besitzt; sie sind vielmehr Folge des unendlich wohlthuenden Einflusses, welchen jenes

Studium auf das Gemüth und den nach Ruhe strebenden Geist ausübt, Folge der anerkannten Kraft, mit welcher dasselbe auf die ästhetische Ausbildung des Menschen so mächtig fördernd einwirkt. Wohl giebt es dem, der die Culturzustände eines Landes zu überwachen hat, Mittel und Wege an die Hand, den Wohlstand des Volkes zu heben, das gesunde körperliche Gedeihen desselben zu fördern, in seiner höhern, intellectuellen und moralischen Ausbildung Vorschub zu leisten; wohl sagt es dem, der das Wohl einer Familie sichern soll, wie es zu erreichen ist, in dem gesunden Körper die gesunde Seele zu wahren; aber wenn wir von einem Manne, dessen weitumfassende Kenntniß uns mit Bewunderung erfüllt, als die schönste Blüthe alles Verkehrs mit der Natur jene Erhebung und Ruhe des Gemüthes preisen hören, die auch der minder Begabte schon mannichfach erfahren haben mag, so kann uns das wohl als ein sicherer Beweis für die Richtigkeit unseres Ausspruches gelten. „Auf der untersten Stufe thierischer Rohheit, wie im Scheinglanze seiner höhern Bildung bereitet sich der Mensch stets ein mühevolles Leben. Es verfolgt den Wanderer über den weiten Erdkreis, über Meer und Land, wie den Geschichtsforscher durch alle Jahrhunderte das einförmige, trostlose Bild des entzweiten Geschlechts. Darum versenkt, wer im ungeschlichteten Zwist der Völker nach geistiger Ruhe strebt, gern den Blick in das stille Leben der Pflanzen und in der heiligen Naturkraft inneres Wirken; oder, hingegeben dem angestammten Triebe, der seit Jahrtausenden der Menschen Brust durchglüht, blickt er ahndungsvoll aufwärts zu den hohen Gestirnen, welche in ungestörtem Einklang die alte ewige Bahn vollenden." Das sind die Worte Alexander von Humboldt's *), denen die tiefdurchdachte einleitende Rede im ersten Bande seines Kosmos noch eine weitere Ausführung giebt. Und auch jener veredelnden, die ästhetische Ausbildung des Menschen fördernden Kraft des Naturstudiums, welcher Schleiden so schön und wahr in seinem empfehlenden Vorwort zu Prof. Harting's „Skizzen aus der Natur" **) gedenkt, hat v. Humboldt in seinen „Ansichten

*) Ansichten der Natur. 1849. Bd. I, p. 38.

**) Prof. Harting's: Skizzen aus der Natur, übersetzt von Dr. Martin bevorwortet von M. J. Schleiden. 1854.

der Natur" *) als eines besonderen Hebels der Liebe zu den Naturwissenschaften ein treffliches Wort gewidmet. „Der Einfluß der physischen Welt auf die moralische," so heißt es dort, „das geheimnißvolle Ineinanderwirken des Sinnlichen und Außersinnlichen giebt dem Naturstudium, wenn man es zu höhern Gesichtspunkten erhebt, einen eignen noch zu wenig erkannten Reiz." Der hier gepriesene Einfluß der Naturbetrachtung ist es, der ihr so manche Herzen und Sinne erschließt, und, wachsend mit der zunehmenden Einsicht in die einzelnen Zweige des Wissens, ist er es, der die Naturwissenschaften für die Mußestunden der gebildeten Welt so besonders empfehlenswerth macht.

Aber es genügt hier nicht an einer oberflächlichen Betrachtung einzelner, abgerissener Gegenstände; es gewährt keine innere Befriedigung, hie und da eine Frucht zu kosten. Wer des vollen Genusses, des ganzen Reichthums der Wirkung theilhaftig werden will, darf nicht am Eingange stehen bleiben oder willkürlich von einem Felde zum andern überspringen; er muß nach einem allgemeinen Verständniß des Naturganzen, dessen einzelne Theile und Erscheinungen in untrennbarer Verbindung stehen, streben. Von der Art des Angriffs wird der Erfolg des Verkehrs mit den Naturwissenschaften abhängen. In der Erkenntniß jener großen und allgemeinen Gesetze, die das Geschehen in der Natur beherrschen und deren schon oben Erwähnung geschah, in der Erkenntniß der Einfachheit in der größten Mannigfaltigkeit liegt eine der reichsten Quellen der geistigen Erhebung, die der Verkehr mit den Naturwissenschaften bedingt; es steigt mit ihr die Einsicht in die enge Verkettung des Naturganzen und wächst der Begriff von jener „heiligen Naturkraft," deren inneres Wirken wir bewundern. Wir staunen bei dem Studium des „Kosmos" über die Fülle des uns dargebotenen Materials, die Masse des dargelegten Wissens, die Weite der Forschung, wir fühlen uns angezogen durch die gedankenreiche, würdevolle Sprache, die uns die Thatsachen vorführt, aber übersehen wir über das Alles nicht die große, dem Ganzen zu Grunde liegende Idee der Darstellung eines Weltgemäldes; war die Ausführung einer solchen nur einem Humboldt möglich, so war ihr Entwurf wohl auch

*) Ansichten der Natur, 1849, Bd. II, p. 20.

nur das Resultat des tiefsten Verständnisses der Natur selbst, der tiefsten Einsicht in den engen und harmonischen Verband aller einzelnen Erscheinungen. Wohl ist das Gebiet ein unendlich weites; mehr als ein ganzes Leben ist erforderlich für die erschöpfende Kenntniß eines nur kleinen Zweiges desselben; und stellen wir an den Einzelnen, der sich mit Erfolg mit den Naturwissenschaften beschäftigen will, die Anforderung einer umsichtigen Betrachtung des Naturganzen, so kann damit selbstverständlich keine tiefere Detailkenntniß in den einzelnen Abschnitten gemeint sein. Aber es ist hier bei allem Reichthum und aller Fülle von Thatsachen eine Auswahl des Wissenswerthesten möglich und diese Auswahl zu treffen, den leitenden Faden für weitere Bestrebungen an die Hand zu geben, ist der Gesichtspunkt, welcher bei Abfassung populärer und propaedeutischer naturwissenschaftlicher Vorträge vor allen andern festzuhalten, welcher auch in den folgenden Vorträgen festzuhalten gesucht wurde. —

Zunächst lag es daran, einen Begriff von den elementaren Stoffen und deren Verbindungen, von den Stoffen, aus denen die uns umgebende Natur besteht, zu geben. Dieser Begriff ist die nothwendige Grundlage aller weitern Betrachtungen; ihm wird deshalb auch der erste Vortrag gelten. Es kam sodann darauf an, zu zeigen, wie sich aus diesen von Anbeginn an vorhandenen Stoffen das Weltall und insonderheit unser Planetensystem mit der von uns bewohnten Erde hervorgebildet habe, welche Entwickelungsperioden die letztere namentlich durchlief, bevor sie zu dem gegenwärtigen Zustande gelangte. Ein jedes Ding hat seine Entstehungs- oder Entwickelungsgeschichte; die Kenntniß seines Wesens, seiner Erscheinungen u. s. w. wird wesentlich gefördert durch die Einsicht in jene Entwickelungsgeschichte. Bei derjenigen des Erdkörpers schien es aber nur um so nothwendiger länger zu verweilen, weil sich neben der Kenntniß seiner Gestaltung damit die wichtigsten und alleinigen Anhaltspunkte für den Versuch einer Erklärung der Schöpfung, für die Behandlung der Fragen nach dem ersten Entstehen organisirter, lebensfähiger Bildungen gewinnen lassen. Auf diese Vorlagen gestützt kann sich die Betrachtung erst mit Erfolg den Lebensformen und Erscheinungen der uns gegenwärtig zunächst umgebenden Welt hingeben; eine allgemeine

Physiologie des Pflanzen- und Thierreichs darf derselben nicht entbehren. Der Gang der Betrachtungen, denen dieselbe ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden hat, ist dann ein natürlich geregelter. Um den noch wenig mit der Natur Vertrauten zunächst ein Gesammtbild von den Vorgängen zu verschaffen, von denen die Erhaltung des jetzt bestehenden Ganzen bedingt ist, war es wünschenswerth, ein Bild, das den Kreislauf des Stoffes malt, voranzuschicken. Auf das Speciellere eingehend, war dann aber der Beginn mit jenen Organismen zu machen, die den todten, unorganisirten Stoff, tausendfältig mischend, zunächst zu jenen Formen verbinden, welche dem Thiere nothwendige Bedingungen für seine Existenz sind. Nach der erlangten Kenntniß von dem innern Bau der Pflanze hat sich sodann die Betrachtung den Nahrungsmitteln derselben, der Verbreitung der Nahrungsmittel in dem pflanzlichen Organismus und ihrer Verarbeitung zu den verschiedenen Producten, die uns das Pflanzenreich liefert, zuzuwenden. Um gleichzeitig eine Vorstellung von denjenigen Vorgängen zu bekommen, die das ewig neue Erstehen von pflanzlichen Organismen gegenüber dem steten Untergange derselben bedingen, ist es erforderlich auch einen kurzen Blick auf die Fortpflanzung der Gewächse zu werfen. Bei der Betrachtung des Thierreichs ist im Wesentlichen derselbe Gang einzuhalten. Es schien jedoch rathsam hier mit der Entwicklungsgeschichte des complicirten Organismus niederer und höher entwickelter Thiere zu beginnen, um von vornherein den engen Zusammenhang der einzelnen Organe, um die gleichmäßigen Ausgangspunkte und ähnlichen Erscheinungen der Entwickelung sämmtlicher Thierformen, um aber auch sogleich die typische Verschiedenheit gewisser Gruppen derselben, die sich eben in der Entwickelungsgeschichte so characteristisch ausspricht, darzuthun. Es mußte sich dann um eine nähere Betrachtung des innern Baus des Thierkörpers handeln; eine vergleichend anatomische Betrachtung der verschiedenen Organensysteme, des Nerven-, Respirations-, Circulations- und Verdauungssystems mußte der Darlegung der Verrichtungen der einzelnen Organe vorausgehen, und dieser Darstellung konnte erst endlich die Betrachtung des gesammten Ernährungslebens, so wie der geistigen Thätigkeiten in ihrer Verbindung mit letzterm folgen.

So muß sich allmälig ein allgemeines Bild des Naturganzen und des Geschehens in der Natur gestalten; mit Erfolg wird sich jetzt der Einzelne, je nach Neigung und Wunsch, speciellern Betrachtungen widmen können. Anerkennend und empfehlend wollen wir dabei nicht vergessen der mannigfachen Hülfsmittel zu gedenken, die heutigen Tages auch dem Laien zur Hebung seines naturwissenschaftlichen Interesses, wie zur Erweiterung seiner Erkenntniß überall zu Gebote stehen. Die Betrachtung der in den naturhistorischen Museen fast aller größern Städte angesammelten Schätze, die Benutzung stellvertretender gelungener Abbildungen, die Anlage eigener kleinerer Samlungen sind ohne Frage von bedeutendem Einfluß für die naturwissenschaftliche Ausbildung. Ganz besonders sei aber hier der microscopischen Beobachtungen gedacht, die abgesehen von dem unendlichen Reize und dem Bewunderung erregenden Eindrucke, welchen sie mit sich führen, das Verständniß mancher schwierig zu schildernder Verhältnisse sehr wesentlich unterstützen und erleichtern. Der bedeutende Fortschritt der letzten Jahrzehnde in der Erkenntniß des feinern Baus der pflanzlichen und thierischen Organismen, einer Erkenntniß, welche für die allgemeine Physiologie von der größten Bedeutung war, wurde insonderheit durch die bedeutende Vervollkommnung unserer optischen Instrumente, unserer Microscope ermöglicht. Wenn nicht nothwendig, so ist es doch überaus wünschenswerth, daß sich auch der Laie in diesen Gebieten durch unmittelbare, eigene, durch Abbildungen immer nur schwer zu ersetzende Anschauungen unterrichte; die Erreichbarkeit solchen Wunsches liegt heutigen Tages nahe. Die Billigkeit sehr brauchbarer Microscope, die durch Kauf zu erlangenden, sehr gelungenen Präparate von den wesentlichsten Theilen des pflanzlichen und thierischen Organismus setzen einen Jeden bald und leicht in den Stand, sich die genußreichsten Stunden zu verschaffen; eine jede Pflanze, ein jeder Thierkörper bietet außerdem dem Besitzer eines Microscopes tausendfach Gelegenheit, sich an den zarten und schönen Bildungsformen derselben zu erfreuen, ein Genuß, der, wie erwähnt, als ein wesentlicher Hebel des naturwissenschaftlichen Verständnisses und Interesses zu betrachten ist. Um auch nach dieser Seite hin eine Anleitung zu geben und das Verständniß des Textes

zu erleichtern, wurden in den folgenden Vorträgen einzelne Abbildungen eingeschaltet und Andeutungen in Betreff der Auffindung und eigenen Darstellung lehrreicher Objecte gegeben. *)

Diese Andeutungen über das Nutzbringende und Erhebende, das Beruhigende und Anregende des Naturstudiums und seine Ausführung gelten keineswegs nur für den Gebildeten jeden Standes, sie sollen vielmehr auch demjenigen, der sich irgend einem Zweige der Naturwissenschaften als seiner Lebensaufgabe widmen will, und insonderheit den angehenden Fachgenossen des Verfassers der folgenden Vorträge gewidmet sein. Mehr noch für sie, als für die Laien, ist ein Streben nach übersichtlicher Kenntniß und richtiger Auffassung des Naturganzen erforderlich; das Fruchtbare dieses Strebens für die eigene Forschung ist über jeden Zweifel erhaben; was in der obigen Vorbemerkung schon angedeutet wurde, bedarf hier der Wiederholung. Erleichterung des Verständnisses der im speciellen Fache in Frage kommenden Verhältnisse, aus vergleichenden Betrachtungen entspringende Anregung zu neuen Ideen und Untersuchungen, Vermeidung eines der Wahrheit hinderlichen Abspringens auf naturwidrige und speculative Anschauungen, erfrischende Erweiterung des Gesichtskreises und gemuthliche Erhebung sind die Resultate der allgemeinen Naturerkenntniß, die wir als die wesentlichsten für denjenigen, der sich einen speciellen Zweig derselben zum Felde seiner praktischen Thätigkeit erwählte, bezeichnen müssen. Bedarf es noch des Beweises, welches Genusses derjenige verlustig geht, dem es um eine solche Naturerkenntniß nicht zu thun ist, der sich nicht durch die reichen Freuden derselben über die niemals fehlenden niederschlagenden Ergebnisse der praktischen Berufsthätigkeit zu erheben sucht? Es ist nicht nur deshalb ein Mißgriff, daß die jungen Aerzte, sobald sie auf die Universität kommen, sich sofort den speciellsten Fachstudien widmen, weil

*) Sehr instructiv und empfehlenswerth ist in Bezug auf die Microscope überhaupt, deren Gebrauch u. s. w. das Werk von Dr. H. Schacht: Das Microscop und seine Anwendung, insbesondere für Pflanzenphysiologie. Zugleich ein einleitender Unterricht in die Physiologie der Gewächse. Berlin 1855.

ihnen damit die Erlangung der so nothwendigen, allgemeinen naturwissenschaftlichen Kenntnisse, die Grundlage ihres gesammten spätern Handelns verloren geht, sondern auch deshalb, weil ihnen bei Vernachlässigung eben dieser Studien eine der reichsten Quellen ihrer künftigen Lebensfreuden verschlossen bleibt. Von dem Arzte, der sich stets und nur in dem engen Kreise seiner Berufsthätigkeit bewegt, kann man es allenfalls begreifen, wenn er am Abend seines Tages oft mit wenig erfreuten Sinnen auf sein Berufsfeld zurückblickt; von demjenigen, dessen Blick weiter geht, der ohne sein specielles Fach zu vernachlässigen, doch stets, des unmittelbaren Zusammenhanges desselben mit den allgemeinen Naturwissenschaften eingedenk, auch diesen einen Theil seiner Zeit und seiner weitern Betrachtungen widmet, wird man die Klage nicht leicht hören. Der Grenze menschlicher Fähigkeit, der Schwierigkeit des Verkehrs mit den verschiedensten Individualitäten nicht überhoben, wird er stets, befreit von dem Drucke betrübender Erfahrungen, neue Anregung zum eigenen Fortstreben und reichen Genuß in dem stillen Verkehr auf dem weiten Gebiete seiner Wissenschaft finden. Dieses Streben und dieser Genuß heben ihn allein über Tausende von Schwierigkeiten hinweg, welche ihm sein Beruf stellt; der Sorge bietet die Zufriedenheit, der vielseitigen Gedankenbewegung die geistige Ruhe, den rauhen Seiten eines öffentlichen, praktischen Berufs das Wohlthuende der stillen, ungestörten Betrachtung ein Aequivalent.

Die äußere Lage, in welche er bei der Gestaltung des Lebensschicksals gelangt, kennt Niemand zuvor. Glücklich derjenige, dessen Lebensverhältnisse sich so gestalten, daß ihm neben seiner Berufsthätigkeit wenn auch nur einige Zeit und Muße zur weitern eignen Ausbildung übrig bleiben. Aber es giebt auch eine Menge von Verhältnissen, wo durch Localität, Verhältnisse des allgemeinen Wohlstandes u. s. w, eine solche Muße nicht zu erreichen ist; klagend hört man von Tausenden die Unmöglichkeit nennen, auch nur Augenblicke der Muße in dem Drange der weit ausgedehnten praktischen Berufsthätigkeit zu gewinnen. Doppelt nothwendig ist es für solche Verhältnisse, schon bei Beginn der Fachstudien die richtige Grundlage gelegt zu haben und sich nicht von Anfang an auf das enge Gebiet

der speciellen Fachkenntniß zu beschränken. Hier, wo das Feld der eigenen Beobachtung, der allmäligen Entwicklung eigener Anschauungen mehr oder weniger das einzige bleibt, auf dem der praktische Arzt seine Freuden zu suchen hat, hier kommt es noch mehr, als da wo ein fortbildender wissenschaftlicher literarischer oder geselliger Verkehr möglich ist, auf die richtigen Ausgangspunkte an, und wenn Niemand leugnen kann, daß die praktische Medicin nur einen Zweig der allgemeinen Naturwissenschaften bildet, so wird auch jeder nur in ihnen die festen Grundlagen und Ausgangspunkte seines Handelns und Denkens suchen. So wird auch für den durch die äußern Verhältnisse weniger Begünstigten das mühevolle Leben selbst die Quelle reicher Freuden, der beruhigenden und anregenden Erkenntniß sein; auch ihm wird endlich der Tag nicht fehlen, wo er mittheilend aus dem Schatze seiner Erfahrungen sein bleibend Theil beitragen kann zur Förderung des großen Ganzen, der dem körperlichen und geistigen Wohle der Mitwelt geltenden Wissenschaft.

Von diesen Gesichtspunkten ausgehend habe ich bei der Bearbeitung der folgenden Vorträge auf das Bedürfniß angehender Fachgenossen Rücksicht genommen; ich bezeichne sie in dieser Beziehung als eine Propaedeutik angehender Mediciner und glaube mich in der Ueberzeugung nicht zu täuschen, daß mit dem Hinweis auf die dringende Nothwendigkeit und das gleichzeitig Erfrischende allgemein naturwissenschaftlicher Studien der Förderung der wissenschaftlichen Heilkunde ein ebenso wesentlicher Dienst geleistet wird, als durch eine besondere fachwissenschaftliche Leistung; dies um so mehr in einer Zeit, wo die praktische Medicin selbst einen bedeutenden Umschwung zu erfahren hat, wo als der richtige Ausgangspunkt für ihr glückliches Gedeihen aber eben die allgemeinen Naturwissenschaften mehr und mehr anerkannt werden. Der ruhige Fortbau auf diesem Boden macht jede Polemik gegen irgend welche praktisch-medicinischen Systeme, Heilmethoden oder Charlatanerieen unnöthig; die Wahrheit bricht sich überall siegreich die Bahn und nur was sich in logischer Gedankenfolge der wahren Naturerkenntniß anschließt, hat hier eine sicher verbürgte Zukunft, einen festen Bestand. Das ist eine unverbrüchliche Gewißheit. Aber das ihr zur Seite stehende Bewußtsein von unserer noch lückenhaften Erkenntniß

des Naturganzen gebietet der Kritik verschiedener Bestrebungen bis auf Weiteres auch eine nie zu vergessende Bescheidenheit; die Erlangung jenes Bewußtseins, die Vermeidung maaßloser, unerquicklicher Kritiken sind selbst wieder nur Folge einer allgemeinen Durchbildung.

So viel zur Einleitung für die Leser der folgenden Vorträge. Wir beginnen, nach der oben verzeichneten Anordnung des Inhalts mit der Betrachtung der Elementarstoffe und deren Verbindungen. —

Erster Vortrag.

Die Elementarstoffe und deren Verbindungen.

Es lautet Manchem wohl wunderbar, daß unser Körper aus keinem andern Stoff bestehen soll, als der Körper eines beliebigen Thieres, als der Baum, als selbst das von uns bewohnte Erdreich und die uns umgebende Luft. Aber dennoch bezeichnen wir als einen der bedeutendsten naturwissenschaftlichen Fortschritte unseres Jahrhunderts den Nachweis der Chemie, daß die sämmtlichen uns bekannten Naturkörper ohne Ausnahme auf eine Reihe s. g. einfacher oder Elementar-Stoffe zurückzuführen sind, daß wir es im Reiche der organisirten Körper, im Thier- und Pflanzenreich, mit keinen andern Elementarstoffen zu thun haben, als im Reiche derjenigen Körper, die wir die unorganisirten nennen.

Was Empedocles im griechischen Alterthum lehrte, was wir in unsern Kinderjahren noch gläubig hinnahmen, daß die Welt aus Feuer und Luft, Wasser und Erde entstanden sei, hat der richtigen Erkenntniß der Elementarstoffe weichen müssen; das empedocleische Feuer kennen wir nur noch als die Erscheinungsform eines chemischen Vorganges, des Verbrennungsprocesses, und Wasser, Luft und Erde sind nicht mehr als einfache, sondern als sehr zusammengesetzte Körper zu betrachten.

Nicht weniger als 61 einfache Elementarstoffe hat uns die Chemie bis dahin kennen gelehrt. Sie bezeichnet als Elementarstoff einen solchen, der durch keins der uns zu Gebote stehenden Hülfsmittel der chemischen Analyse weiter zerlegt werden kann und denkt sich dieselben als aus kleinsten, untheilbaren Theilchen, aus Atomen oder Molekülen bestehend. *) Ob mit jener Zahl jedoch schon sämmtliche, überhaupt existirende Elementarstoffe erschöpft sind, lassen wir dahingestellt sein; die Ent-

*) In Betreff der historischen Entwickelung der Lehre von den Atomen finden sich in den „Physikalischen Studien" von Prof. Tellkampf in Hannover (1854) zwei kurze, empfehlenswerthe Artikel: „Aeltere und neuere Ansichten über die Gestaltung der Materie" und „Atomistik und Dynamik."

deckung von 2 neuen Elementen innerhalb der letzten 12 Jahre läßt vermuthen, daß die Reihe derselben noch nicht als vollständig abgeschlossen angesehen werden darf.

Wie in allen Schöpfungen der Natur, so tritt uns nun aber auch schon hier das Gesetz der weisesten Sparsamkeit in den angewandten Mitteln entgegen. Nur wenige Elementarstoffe kommen bei der Zusammensetzung der uns insonderheit interessirenden Naturkörper in Betracht; bei der Untersuchung der sämmtlichen pflanzlichen und thierischen Organismen werden kaum mehr als 16 einfache Stoffe unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen; die wesentlichsten Bestandtheile derselben: der Zellstoff der Pflanze, die eiweißartigen Stoffe des Pflanzen- und Thierkörpers, die Fette, das Stärkemehl u. s. w., lassen sich sogar auf 4—5 Elementarstoffe zurückführen. Beschweren wir deshalb auch hier Vorstellung und Gedächtniß nicht mit der Aufzählung jener sämmtlichen bekannten Elementarstoffe; bezeichnen wir vielmehr nur die wichtigsten derselben. In Betreff der seltener vorkommenden geben die Hand- oder Lehrbücher der unorganischen Chemie weitern Aufschluß.

Nicht alle Elementarstoffe sind von gleicher Beschaffenheit. Einige sind gasförmig, andere flüssig, andere fest; die einen sind glänzend, leiten die Wärme und Electricität leicht fort, die andern entbehren dieser Eigenschaften. Man hat sie darnach in gewisse Gruppen eingetheilt und es ist wichtig, dieselben zu kennen. Zunächst sondert man die sämmtlichen Elementarstoffe in Metalle und Nichtmetalle oder Metalloide; jene sind es, die sich durch ihren metallischen Glanz, ihre Fähigkeit leichter Wärme- und Electricitätsleitung vor diesen auszeichnen. Die Metalle selbst theilt man sodann wieder in leichte und schwere; die Metalloide in gasförmige, flüssige und feste. Nur der wesentlichsten Elementarstoffe wollten wir hier gedenken; jede der bezeichneten Gruppen findet sich aber dennoch unter ihnen vertreten. Zur Erleichterung des Ueberblicks stellen wir sie tabellarisch zusammen:

Nichtmetalle.			Metalle.		
a. gasförmige.			a. leichte.		
* Sauerstoff	O.	8.	* Kalium	Ka.	39.
* Wasserstoff	H.	1.	* Natrium	Na.	23.
* Stickstoff	N.	14.	* Calcium	Ca.	20.
* Chlor	Cl.	35.	* Magnium	Mg.	12.
			Barium	Ba.	68.
			* Aluminium	Al.	13.

Nichtmetalle.			Metalle.		
b. flüssige.			b. schwere.		
Brom	Br.	78.	* Eisen	Fe.	28.
c. feste.			Mangan	Mn.	27.
Jod	J.	127.	Kupfer	Cu.	31.
* Kohlenstoff	C.	6.	Blei	Pb.	103.
* Schwefel	S.	16.	Zinn	Sn.	58.
* Phosphor	P.	32.	Zink	Z.	32.
* Kiesel	Si.	22.	Quecksilber	Hg.	100.
Arsenik	As.	75.	Silber	Ag.	108.
			Gold	Au.	98.
			Platin	Pl.	98.

Die mit einem * bezeichneten sind diejenigen Elemente, deren weiterhin insonderheit oft Erwähnung geschehen wird. Die nicht aufgeführten 37 einfachen Stoffe, wie das Beryllium, Cadmium, Zirkonium, Yttrium u. s. w. lassen wir hier ganz unberücksichtigt; sie bilden nur Bestandtheile seltener vorkommender Mineralien oder Erdarten.

Die unendliche Mannigfaltigkeit der uns umgebenden Naturkörper wird nun dadurch bedingt, daß diese einzelnen Elementarstoffe, kraft der ihnen eigenthümlichen chemischen Verwandtschaft, Affinität oder Anziehungskraft, — eine Kraft, die man vielleicht nicht mit Unrecht der elektrischen Anziehungskraft identificirt, — Verbindungen mit einander eingehen. Keine Naturbetrachtung kann einer, wenn auch nur generellen Kenntniß dieser Verbindungen entbehren. Unterziehen also auch wir sie einer näheren Untersuchung und fragen, welcher Art sie sind, wie und wo sie entstehen, welches ferner die als ihr Ergebniß zu betrachtenden Körper sind? Im Allgemeinen diene Folgendes darüber zur Orientirung.

Was zunächst die elementare Zusammensetzung anbetrifft, so unterscheidet man, je nachdem 2, 3 oder 4 Elementarstoffe zu einem s. g. einfachen Körper vereinigt sind: binäre, ternäre oder quaternäre Verbindungen. So ist die aus der Vereinigung des Schwefels mit dem Sauerstoff hervorgehende Schwefelsäure eine binäre Verbindung; so das aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff gebildete Stärkemehl, oder Holz, oder Gummi eine ternäre, so das aus der Verbindung von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff hervorgehende Chinin, das bekannte, aus der Chinarinde gewonnene Fieberheilmittel, so das in allen Organismen

vorkommende und aus denselben Elementen bestehende Eiweiß eine quaternäre Verbindung. Man nennt diese sämmtlichen Verbindungen, sofern man von der Ansicht ausgeht, daß sie unmittelbar aus dem Zusammentritt von Elementarstoffen hervorgehen: Verbindungen erster Ordnung, eine Bezeichnung, die wir für den Augenblick einmal festhalten wollen, die sich in Betreff der ternären und quaternären, ja selbst einiger binären Verbindungen aber fort und fort (s. u.) als weniger zutreffend erweist.

Eine Verbindung erster Ordnung kann nun wieder mit einer andern Verbindung erster Ordnung eine chemische Verbindung eingehen. Es entsteht dadurch ein neuer Körper. Wir bezeichnen denselben als eine Verbindung zweiter Ordnung. So kann die Schwefelsäure eine Verbindung eingehen mit dem Natron, einer ebenfalls binären, aus Natrium und Sauerstoff bestehenden Verbindung, und es geht daraus als Verbindung zweiter Ordnung das schwefelsaure Natron oder Glaubersalz hervor; so kann ferner die Schwefelsäure eine Verbindung eingehen mit dem Chinin und es entsteht daraus, als Verbindung zweiter Ordnung, das schwefelsaure Chinin. So kann sich die Essigsäure, eine ternäre aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehende Verbindung, mit dem Natron verbinden und es entsteht als Verbindung zweiter Ordnung das essigsaure Natron. So kann sich endlich dieselbe Säure mit Morphium, einer aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehenden, aus dem Mohnsaft gewonnenen, quaternären Verbindung verbinden und es entsteht, wieder als Verbindung zweiter Ordnung, das essigsaure Morphium. Es können sich also binäre sowohl, als ternäre und quaternäre Verbindungen erster Ordnung mit binären, ternären und quaternären derselben Ordnung zu chemischen Verbindungen zweiter Ordnung verbinden; die große Mannigfaltigkeit der damit gegebenen Möglichkeiten der Herstellung verschiedener Körper wird Jedem in die Augen springen.

Aber die Möglichkeiten sind damit noch nicht erschöpft. Es können sich Verbindungen zweiter Ordnung auch wieder mit Verbindungen derselben Ordnung verbinden. Daraus entstehen abermals neue Körper. Wir bezeichnen dieselben als: Verbindungen dritter Ordnung. Eine solche stellt z. B. der Alaun dar. Dieser besteht aus schwefelsaurer Thonerde und schwefelsaurem Kali, d. h. also aus Schwefel und Sauerstoff in Verbindung mit Aluminium und Sauerstoff (= Thonerde) und aus wieder Schwefel und Sauer-

stoff in Verbindung mit Kalium und Sauerstoff (=Kali). Diese Verbindungen kommen jedoch seltener vor und werden uns späterhin wenig beschäftigen.

Zu dieser eben gegebenen Eintheilung führte die Berücksichtigung der elementaren Zusammensetzung der chemischen Verbindungen. Man hat dieselben aber noch von einem andern Gesichtspunkte aus betrachtet und sie nach ihrem natürlichen Vorkommen oder besser nach ihrem Geburtsorte geordnet. Man theilte sie ein in die beiden großen Classen der organischen und unorganischen, und begriff unter jenen die nur im pflanzlichen und thierischen Organismus vorkommenden und also auch nur dort gebildeten, unter diesen aber die sämmtlichen auch außerhalb der Organismen und ohne jedwede Beihülfe derselben entstehenden Verbindungen. Fand man weiter, daß die ersteren der bei Weitem größten Mehrzahl nach aus ternären und quaternären, die letzteren aber unter allen Umständen aus binären Verbindungen erster, zweiter oder dritter Ordnung bestanden, so traf der Name der organischen Verbindungen auch vorzugsweise die ersteren, und der der unorganischen die letzteren; Zucker, Stärkmehl, Holz, Eiweiß würden also zu jenen, Schwefelsäure, Kali, Natron u. s. w. zu diesen gehören. Die organischen Verbindungen sonderte man sodann wieder in stickstoffhaltige und stickstofffreie. Bei dem vielfachen Gebrauch dieser Bezeichnung ist es wichtig, zu wissen, daß wo von stickstofffreien Verbindungen die Rede ist, man darunter allemal binäre, aus Kohlenstoff und Wasserstoff, oder ternäre, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehende organische Verbindungen besteht, wo dagegen von stickstoffhaltigen Verbindungen gehandelt wird, meistens organische Verbindungen von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff gemeint sind. — Allein so einfach und klar diese Eintheilung auch scheint, die neuere Chemie hat den Nachweis geliefert, daß sie eben so wenig, wie die auf den Grund der elementaren Zusammensetzung vorgenommene, durchweg stichhaltig ist. Die bedeutsame, schon im Jahre 1829 gemachte Entdeckung Wöhler's, daß man den Harnstoff, eine aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehende, bis dahin nur im Thierkörper oder dessen Auswurfsstoffen gefundene quaternäre Verbindung, auch aus unorganischen Stoffen, und zwar aus Cyansäure und Ammoniumoxyd, ohne irgend welche Beihülfe eines Organismus darstellen könne, hat den wichtigen Beweis geliefert, daß die Bezeichnung dieser Verbindungen als organischer keine durchgreifend richtige, bezeich-

nende oder charakteristische sei. Schon mehr ähnliche Entdeckungen sind jener ersten in neuerer Zeit gefolgt, und es leidet kaum einen Zweifel, daß man in nicht langer Zeit noch viele Verbindungen, die man bisher als nur unter Vermittlung eines thierischen oder pflanzlichen Organismus entstehend wähnte, auch außerhalb eines solchen und künstlich, ähnlich den unorganischen Verbindungen, herzustellen verstehen wird.

So befinden wir uns schon hier zu Anfang unserer Betrachtungen auf keinem absolut sichern und festen Boden; auch die Chemie ist eine noch sehr in der Entwicklung begriffene Wissenschaft; das Studium der Bildungsverhältnisse und der s. g. Constitution der organischen Verbindungen bildet eben den Hauptgegenstand ihrer gegenwärtigen Bestrebungen. Bis es jedoch gelingen wird, die sämmtlichen chemischen Verbindungen von einem Gesichtspunkte aus in durchgreifend richtiger Weise zu ordnen, mag noch mancher Tag vergehen und so müssen auch wir noch in unseren Betrachtungen an den herkömmlichen Bezeichnungen festhalten. Wir werden uns also des Ausdruckes der binären, ternären und quaternären Verbindungen erster, zweiter oder dritter Ordnung ebensowohl, als des Ausdrucks der organischen und unorganischen bedienen. Unter den organischen Verbindungen begreifen wir diejenigen, welche vorzugsweise und natürlich fast nur im pflanzlichen oder thierischen Organismus vorkommen, unter den unorganischen dagegen diejenigen, welche vorzugsweise außerhalb der Organismen sich finden und ohne Beihülfe eines solchen durch den einfachen Zusammentritt der Elemente gebildet werden.

Die ganze, uns umgebende körperliche Welt besteht also aus einer Reihe von Elementarstoffen, die unter sich die mannigfachsten Verbindungen eingehen und damit eben die Verschiedenartigkeit der Naturkörper bedingen. Bald sind diese Verbindungen einfacher, bald complicirter; bald gehen nur zwei, bald mehre Elemente in einen gemeinsamen Verband ein; die einen kennen wir heutigen Tages, mit nur wenigen Ausnahmen, als nur in dem thierischen oder pflanzlichen Organismus entstehend, wir nennen sie die organischen, die andern können wir jeden Augenblick auch im chemischen Laboratorium herstellen und sehen sie überall auch in der Natur ohne Beihülfe eines Organismus entstehen; wir nennen sie die unorganischen.

Zur kurzen Bezeichnung der einzelnen Elementarstoffe hat man die Anfangsbuchstaben ihrer lateinischen Namen gewählt. Es finden sich die-

selben oben neben den angegebenen Stoffen selbst bemerkt. Auch wir werden uns im Folgenden dieser kürzern Schreibweise bedienen und bezeichnen also mit O (Oxygenium) den Sauerstoff, mit H (Hydrogenium) den Wasserstoff, mit N (Nitrogenium) den Stickstoff, mit C (Carboneum) den Kohlenstoff, mit S (Sulphur) den Schwefel, mit Na (Natrium) das Natrium, mit Fe (Ferrum) das Eisen ꝛc. ꝛc. —

Die langjährigen genauesten und mühsamsten Forschungen der Chemiker haben nun aber noch weiter geführt. Sie haben uns nicht nur das Hervorgehen der verschiedenartigsten Körper aus der Verbindung dieser und jener Elemente kennen gelehrt, nicht nur gelehrt, daß dieser Körper zu jenem, jener zu diesem eine größere Verwandtschaft hat, sie haben auch nachgewiesen, daß diese Verbindungen stets in der Art erfolgen, daß sich je ein Element mit je einem andern nur in ganz bestimmten Gewichtsverhältnissen vereinigt. Die Zahlen, welche diese Gewichtsverhältnisse bezeichnen, finden sich in der obigen Tabelle in dritter Reihe angegeben; wir nennen sie die Atomgewichtszahlen oder die chemischen Aequivalente. Bei der Bestimmung dieser Zahlen hat man das Gewicht des Wasserstoffs, als des leichtesten Körpers als Einheit gesetzt und darauf nun die übrigen Atomgewichtszahlen berechnet. Ein Beispiel wird diese Verhältnisse sofort anschaulich machen. — Verbindet sich ein Theilchen Kalium mit einem Theilchen Sauerstoff, so entsteht Kaliumoxyd oder Kali; Kalium und Sauerstoff stehen aber in diesem neuen Körper in einem ganz bestimmten Gewichtsverhältniß und die obige Tabelle sagt uns, wie die Untersuchungen es ergeben haben, daß der Sauerstoff sich hier zum Kalium dem Gewichte nach verhält, wie 8 : 39. 8 Loth Sauerstoff und 39 Loth Kalium würden also immer genau 47 Loth Kali bilden, oder umgekehrt, 47 Loth Kali werden allemal aus 8 Loth O und 39 Loth Ka, 1 Loth Kali aus $^{8}/_{47}$ Loth O und $^{39}/_{47}$ Loth Ka bestehen. — Wo immer sich je ein Atom eines Elements mit einem andern zu einem neuen Körper verbindet, da erfolgt diese Verbindung nach den angegebenen Gewichtszahlen und das Gewicht des neuen Körpers entspricht der Summe der Gewichte der beiden Componenten. Ganz in derselben Weise treten die Verbindungen zweiter Ordnung nach den durch die obigen Atomgewichtszahlen vorgezeichneten Verhältnissen zusammen. Das Atomgewicht des Kali würde also z. B. in einer Verbindung zweiter Ordnung immer 47 sein.

Und noch weiter. Nicht nur je ein Atom eines Elementes verbindet sich jedesmal mit je einem Atom eines andern Elementes. — Das Studium der Gewichtsverhältnisse, in welchen die einzelnen Elemente verbunden sind, führte vielmehr zu der Anschauung hin, daß sich mit je einem Atom eines Elementes auch mehr Atome eines andern Elementes verbinden können. Dadurch entstehen wieder sehr verschiedene Körper und eben weil man in ihnen allemal die oben bezeichneten einfachen Gewichtsverhältnisse oder ganz bestimmte Multipla derselben fand, deutete man die Constitution dieser Verbindungen in der Weise, daß sich je ein Atom eines Elementes mit je 2 oder 3 oder 4 oder 5 Atomen eines andern Elementes verbunden habe. — So fand man, daß die Schwefelsäure aus Schwefel und Sauerstoff in dem Verhältniß von 16 : 24 bestand, die s. g. schweflige Säure dagegen aus Schwefel und Sauerstoff in dem Verhältniß von 16 : 16; in andern Verbindungen, wie z. B. in dem oben erwähnten Kali hatte man gefunden, daß sich der Sauerstoff mit andern Elementen auch in dem Gewichtsverhältniß von 8 (Wasserstoff immer = 1 gesetzt) verbinde. Daraus schloß man dann, daß die Schwefelsäure aus der Verbindung von 1 At. Schwefel mit 3 At. Sauerstoff, die schweflige Säure dagegen aus 1 At. Schwefel mit 2 At. Sauerstoff, das Kali aus der Verbindung von 1 At. Kalium mit 1 At. Sauerstoff hervorgehe. Um diese Verhältnisse, deren Ermittelung selbstverständlich eine unendliche Mühe gekostet hat, sofort anschaulich zu machen, wurde bestimmt, in der Zeichenschrift neben den das Element bezeichnenden Buchstaben allemal sogleich die Zahl der Atome desselben zu bemerken, welche in seiner Verbindung enthalten seien; der Buchstabe ohne Zahl sollte aber anzeigen, daß nur ein einziges oder einfaches Atom in derselben zugegen sei. Die Schwefelsäure würde demnach durch SO_3, die schweflige Säure durch SO_2 bezeichnet werden, das Kali durch KO. *)

Man stellt sich in der Regel die richtige Auffassung dieser Atom-Verhältnisse viel schwieriger vor, als sie ist; aber man werde sich nur klar dar-

*) Um die chemische Schreibweise noch mehr zu erleichtern, ist man auch übereingekommen, die Zahl der in einer Verbindung enthaltenen Sauerstoffatome durch Punkte über dem Zeichen des mit dem Sauerstoff verbundenen zweiten Elementes zu bezeichnen. SO_3 würde also auch $\dddot{S}$ geschrieben werden können. Man hat diese Vereinfachung der Schreibweise gerade für die Sauerstoffverbindungen gewählt, weil dieselben fast überall in Frage stehen und die häufigsten von allen sind.

über, was hier als Thatsache und Untersuchungs-Resultat, was andererseits nur als Hülfsmittel für die Vorstellung zu betrachten ist und uns dünkt, es kann kein Verhältniß klarer und deutlicher sein, als das vorliegende. Unter einem Atom, einem untheilbaren Theilchen, mag sich ein Jeder denken was er will; es kommt nichts darauf an, Niemand hat je ein Atom Sauerstoff oder Kohlenstoff gesehen, es war nur eine Nothwendigkeit für die Vorstellung, sich die einzelnen Elemente als aus kleinsten Theilchen bestehend zu denken und bei der Erforschung der einzelnen Naturkörper auf solche zu recurriren. Thatsache ist es dagegen, daß sich die Elemente immer in ganz bestimmten Proportionen mit einander verbinden, daß in einer jeden Verbindung, in einem jeden Naturkörper diese Proportionen durch die s. g. Elementaranalyse aufzufinden sind; und um sich diese Verhältnisse, diese Proportionen klar zu machen, bedurfte es der Zahlen und Zeichen, für die die Annahme der Atome wieder als natürlichste und einfachste Basis gewählt wurde. Ob man nun das Wasserstoffatom mit der Atomgewichtszahl 1 und das Sauerstoffatom mit 8, oder ob man das letztere, wie es hie und da geschieht, mit 100, und jenes mit 12,5 bezeichnet, ist ganz gleichgültig. Es genügt zu wissen, daß sich die Elemente stets nach den angegebenen Gewichtsverhältnissen oder einem Multiplum derselben verbinden, und daß die chemischen Zeichen nichts anderes sind, als allgemein verständliche Abbreviaturen. Die Anschauung von der Existenz einfacher Atome ging ungezwungen aus der richtigen Erkenntniß der chemischen Verbindungen als ein Resultat des Verstandes hervor. Die Verbindungsweise der Atome unter einander selbst müssen wir aber als eine gesetzlich geregelte anerkennen; die Frage, woher das Gesetz stammt, fällt mit der Frage nach der letzten Ursache der Dinge zusammen.

Schon oben wurde auf die weite Möglichkeit verschiedenartigster chemischer Verbindungen hingewiesen. Binäre, ternäre und quaternäre Verbindungen erster Ordnung gingen Verbindungen zweiter und dritter Ordnung ein. — Die Weite der möglichen chemischen Verbindungen sehen wir jetzt noch um ein Beträchtliches vergrößert, nachdem wir erfahren, daß eine binäre Verbindung nicht nur aus dem Zusammentritt je eines Elementes mit einem aequivalenten Theil je eines andern hervorgeht, sondern je ein Theil eines Elementes sich auch mit je 2, 3, 4 oder 5 Theilchen eines andern Elementes verbinden kann. Es hat sich noch Niemand die Mühe gegeben zu be-

rechnen, wie groß nur die Menge der schon als thatsächlich bekannten Möglichkeiten der chemischen Verbindungen der Elementarstoffe ist; aber darf uns nach der vorstehenden Darlegung der Verbindungsverhältnisse die unendliche Mannigfaltigkeit der Naturkörper noch Wunder nehmen? Und müssen wir nicht, wenn wir wissen, daß die gesammten pflanzlichen und thierischen Organismen aus nur 16 — 18, ja der Hauptmasse nach nur aus 4 — 5 Elementarstoffen bestehen, schon hier über die weiseste Sparsamkeit in den angewandten Mitteln im Haushalte der Natur staunen? — Der Baum mit Blättern, Blüthen und Früchten besteht seinen wesentlichen Bestandtheilen nach aus Zellstoff und dem diesem nahe verwandten Holz- und Korkstoff; der sich in den Zellen der Pflanze bewegende Saft oder die in den Zellen abgelagerten Stoffe bestehen insonderheit aus Wasser, Zucker, Gummi, Harz, Pflanzeneiweiß u. s. w. Alle diese Stoffe aber, ja selbst das Wasser gehen hervor aus verschiedenen Verbindungen von nur 4 Elementen, dem Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Nicht anders im Thier. Sein Fleisch, sein Blut, sein Fett, sein Haar oder Horn, sie alle bestehen im Wesentlichen aus denselben 4 Elementen; nur ein sehr kleiner Bruchtheil derselben wird von unorganischen Verbindungen, die bei dem Verbrennen jener als Asche zurückbleiben, gebildet. Nicht anders ferner mit unsern Nahrungsmitteln, unsern Getränken, unsern Kleidungsstücken; überall haben wir es im Reiche der organischen Verbindungen vorzugsweise mit jenen 4 Elementen zu thun.

Es bedarf wohl keiner weitern Bemerkung, um die weitgreifende Bedeutung der chemischen Forschung sofort aufs Klarste darzuthun, um darzuthun, daß ohne Chemie, ohne Kenntniß der Elementarstoffe und ihrer Verbindungen kein Verständniß des Naturganzen möglich ist. Insonderheit müssen es auch schon die wenigen, so eben gegebenen Andeutungen einleuchtend machen, daß ohne chemische Kenntniß weder das normale, noch das kranke Leben des menschlichen Organismus verstanden werden kann. Dem Arzte, der es immer mit den Elementarstoffen und deren Verbindungen, so wie mit den an denselben zur Erscheinung kommenden s. g. Naturkräften zu thun hat, ist die Chemie eine unentbehrliche Basis des Denkens und Handelns. Das eben erhebt die Chemie zu einem der wichtigsten Zweige der medicinischen Fachstudien, und je mehr es sich als erwiesen betrachten läßt, daß es keine Thätigkeit des menschlichen Organismus, keine Krankheit ohne

irgend welche gleichzeitige Veränderungen seiner Materie giebt, um so mächtiger nur tritt jene Wichtigkeit hervor.

Wir können uns hier nun selbstverständlich nicht so weit mit den einzelnen Elementarstoffen und selbst nur mit den wichtigsten derselben beschäftigen, daß wir ihre verschiedenen Verbindungen mit andern Elementen, die daraus entstehenden neuen Körper, deren Darstellung, Verhalten, Vorkommen in der Natur u. s. w. einer genauern Betrachtung unterziehen. Es ist das die Aufgabe der theoretischen Chemie, die sich einmal nicht in wenige Worte zusammenfassen läßt. Es giebt aber, wie schon angedeutet, Elementarstoffe und Verbindungen derselben, die vor allen andern ihres häufigen Vorkommens halber wichtig sind und über diese muß hier zum Verständniß der spätern Vorträge wenigstens Einiges bemerkt werden.

Unter den unorganischen Verbindungen wollen wir zunächst und vor Allem derjenigen des Sauerstoffs, eines der allerwesentlichsten Elementarstoffe erwähnen. Er ist unter allen einfachen Stoffen in der größten Quantität vorhanden; er bildet wenigstens $1/3$ vom Gewicht unserer Erde. Im Wasser sind neben 11 pCt. Wasserstoff 89 pCt. Sauerstoff, in der atmosphärischen Luft neben 77 pCt. Stickstoff 23 pCt. Sauerstoff enthalten; fast in allen Verbindungen, mit welchen wir es späterhin zu thun haben, spielt der Sauerstoff eine Rolle und während andre Elementarstoffe nur mit wenigen andern eine Verbindung eingehen, ist er es, der sich mit den sämmtlichen übrigen verbinden kann.

Der Sauerstoff ist ein farb- und geruchloses Gas. Verbindet er sich mit einem andern Körper, so sagt man von diesem, er sei oxydirt, man nennt die entstandene Verbindung ein Oxyd. So bildet das mit Sauerstoff verbundene Eisen das s. g. Eisenoxyd (Eisenrost); so ist die Schwefelsäure ein Oxyd des Schwefels u. s. w. Auf nichts anderm, als einer Oxydation (Verbindung mit dem Sauerstoff) beruht auch das, was wir „Verbrennung" nennen; die Verbrennung ist eine mit Wärme- und Licht-Entwickelung vor sich gehende Oxydation. Wenn wir ein Stück Holz, Papier u. s. w. verbrennen, so geht der Sauerstoff der Luft mit den Elementen des Holzes, Papieres u. s. w. eine Verbindung ein, und dieser Verbindungsact ist von Wärme- und Lichtentwickelung begleitet; die Flamme selbst ist nur die Erscheinungsform eines chemischen Vorganges. Unser „Anzünden" eines zu verbrennenden Gegenstandes bezweckt nichts, als dem letzteren diejenige

Temperatur zu geben, welche er zur Verbindung mit dem Sauerstoff erfordert; die meisten Körper müssen, um sich mit ihm vereinigen zu können, bis zu einem gewissen Grade erhitzt sein. Ist die Oxydation, die Verbrennung aber im Gange, so schwindet der Sauerstoff aus dem Raume, wo der Körper brennt; die Flamme erlischt, sobald der Sauerstoff (Luftzutritt) mangelt. Der Körper dagegen, der sich mit dem Sauerstoff verbunden hat (das Oxyd oder die Verbrennungsproducte) ist um eben so viel schwerer geworden, als er Sauerstoff verzehrt hat. Die Kerze schwindet beim Verbrennen; aber die aus der Verbrennung hervorgehenden Producte: Wasser und Kohlensäure, wiegen so viel schwerer als die Kerze, als diese Sauerstoff zu ihrer Oxydation aus der Luft entnahm.

Die Verbindungen des Sauerstoffs mit andern Körpern, die Oxyde selbst haben aber sehr verschiedene, charakteristische Eigenschaften und zerfallen darnach in 3 Classen: in basische Oxyde oder Basen, in saure Oxyde oder Säuren und in Superoxyde. Die erstern oder Basen werden insonderheit durch Verbindung des Sauerstoffs mit den Metallen, die Säuren vorzugsweise durch die Verbindung desselben mit den Metalloiden gebildet. So stellen die Verbindungen des Sauerstoffs mit Kalium, Natrium, Calcium, Eisen u. s. w. basische Oxyde dar, die wir Kali, Natron, Kalk, Eisenoxyd u. s. w. nennen; so bilden sich andrerseits aus der Verbindung des Sauerstoffs mit Schwefel, Kohle, Phosphor, die Schwefelsäure, Kohlensäure, Phosphorsäure u. s. w. In beiden Fällen, sowohl bei der Bildung von Basen als Säuren kann sich der Sauerstoff mit denselben Elementarstoffen in verschiedenen Verhältnissen verbinden. Auf diese Weise entstehen z. B. aus Eisen und Sauerstoff: Eisenoxyd und s. g. Eisenoxydul;*) aus Schwefel und Sauerstoff: Schwefelsäure (SO_3), Unterschwefelsäure (S_2O_5), schweflige Säure (SO_2); aus Stickstoff und Sauerstoff Salpetersäure (N_2O_5), salpetrige Säure (N_2O_3) u. s. w.**) Die Superoxyde sind weder Basen

*) Wenn sich ein Metall mit dem Sauerstoff in zwei verschiedenen Verhältnissen verbindet, so nennt man die an Sauerstoff reichere Verbindung das Oxyd, und die ärmere das Oxydul des Metalls.

**) Die Bezeichnung S_2O_5, oder N_2O_5, N_2O_3 wählt man, um nicht $SO_2\frac{1}{2}$ $NO_2\frac{1}{2}$ $NO_1\frac{1}{2}$ zu schreiben. Ein solches Doppelatom eines Elements bezeichnet man auch dadurch, daß man es mit einem Strich durchstreicht. N_2O_5 würde also auch NO_5 geschrieben werden können, oder auch $\dddot{N}$.

noch Säuren; sie geben in Berührung mit Säuren oder in höherer Temperatur Sauerstoff ab und verwandeln sich dabei in basische Oxyde. So z. B. der Braunstein oder das Mangansuperoxyd, der mit Schwefelsäure erhitzt die Hälfte seines Sauerstoffs als Gas entweichen läßt, sich in Oxydul verwandelt und als solches mit der Schwefelsäure verbindet.

Während diese letzteren unsere Aufmerksamkeit weniger in Anspruch nehmen werden, erfordern die Basen und Säuren eine genauere Kenntniß. Sie sind es, aus deren Verbindung unter einander Verbindungen zweiter Ordnung entstehen, welche wir *Salze* nennen, und die Mehrzahl der unorganischen Verbindungen, mit welchen wir es fortan zu thun haben werden, wird eben von solchen Salzen gebildet; so u. a. das schwefelsaure Kali, das phosphorsaure Natron, der phosphorsaure Kalk, die phosphorsaure Magnesia, das phosphorsaure Eisenoxyd u. s. w. —

Nur zur leichteren Orientirung mag es dienen, wenn wir noch erwähnen, daß die Oxyde der s. g. leichten Metalle in 3 Klassen zerfallen: in *Alkalien*, *alkalische Erden* und *eigentliche Erden*. Von den Alkalien interessiren uns vorzugsweise das Kali und Natron; von den alkalischen Erden die Kalkerde, Talkerde und Baryterde; von den eigentlichen Erden besonders die Thonerde. Die Alkalien und alkalischen Erden haben einen eigenthümlichen, laugenartigen, ätzenden Geschmack, färben gewisse blaue oder rothe Pflanzenfarben (z. B. den Farbstoff von Veilchen, Rosen u. s. w.) grün und das durch Säure geröthete Lackmus blau. Von einem Körper, der diese letzteren Eigenschaften hat, sagt man, er habe eine *alkalische Reaction*.

Unter den Säuren werden wir es vorzugsweise mit den höchsten Oxydationsstufen, d. h. denjenigen Verbindungen eines Elementarstoffes mit Sauerstoff, in welchen die größte Menge Sauerstoff enthalten ist, zu thun haben. So unter den Verbindungen des Schwefels mit Sauerstoff vorzugsweise mit der Schwefelsäure (SO_3), unter denen des Phosphors mit Sauerstoff vorzugsweise mit der Phosphorsäure (= 2 At. Phosphor mit 5 At. Sauerstoff = $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$), unter denen des Stickstoffs mit dem Sauerstoff vorzugsweise mit der Salpetersäure (= 2 At. Stickstoff mit 5 At. Sauerstoff = $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N}$), unter denen des Kohlenstoffs vorzugsweise mit der Kohlensäure (= CO_2). Von letzterer sei jedoch auch schon hier einer zweiten oftmals vorkommenden Verbindung, der Oxalsäure, gedacht, die aus 2 At. C und

3 At. O (C_2O_3) besteht. Die Säuren haben sämmtlich einen sauren Geschmack und färben blaue Pflanzenfarben, wie namentlich das Lackmus, roth. Von einem Stoffe, welcher die letztere Eigenschaft hat, sagt man, er habe eine saure Reaction. — Um diese Reactionsverhältnisse anschaulich zu machen, tauche man ein mit (blauer) Lackmustinctur getränktes Stück Papier in eine Säure, etwa Salpetersäure; das Papier wird sich sofort roth färben; hierauf tauche man das jetzt roth gefärbte Papier in eine Lösung von Kali und es wird sofort die frühere blaue Farbe wieder hervortreten.

Kommen wir jetzt auf die Salze, die Verbindungen einer Säure mit einem basischen Oxyde, zurück, so ist deren Zahl eine unendlich große und viele von ihnen sind im alltäglichen Leben so bekannt, daß wir nur an einzelne zu erinnern brauchen, um ihre Beschaffenheit Jedem klar zu machen. In der wörtlichen Bezeichnung der Salze stellt man den Namen der Säure voran und läßt den der Basis folgen. So besteht z. B. das schwefelsaure Natron aus Schwefelsäure und Natron; es ist dies das unter dem Namen „Glaubersalz" bekannte abführende Arzneimittel; so besteht das kohlensaure Natron aus Kohlensäure und Natron; es ist dies die unter dem Namen der Soda bekannte chemische Verbindung; so besteht ferner das salpetersaure Kali aus Salpetersäure und Kali, eine Verbindung, die Jedem unter dem Namen des Salpeters bekannt ist u. s. w. u. s. w.

Die Form, unter welcher die Salze sowohl in der Natur, als im Handel u. s. w. vorkommen, ist verschieden; bald sind sie crystallisirt, bald nicht crystallisirt (amorph, gestaltlos); keinem von ihnen geht aber wahrscheinlich die Crystallisationsfähigkeit ab.*) Wir müssen es Jedem überlassen, sich über die Crystallisationsverhältnisse weitere Aufklärung zu verschaffen. Die Lehre, welche sich damit beschäftigt, ist die Crystallographie. Professor Carl Schmidt in Dorpat stellte in seinen „krystallonomischen Untersuchungen"

*) Was M. J. Schleiden in seinem Werke: „Grundzüge der wissenschaftl. Botanik" Bd. I. 1849 pag. 215 sagt: „Nach meinen vielfältigen und sorgfältigen Beobachtungen glaube ich überhaupt, daß jede unorganische Materie, wenn sie ohne Störung in den festen Zustand übergeht, augenblicklich Crystallform annimmt, die meisten der s. g. pulverigen Niederschläge bestehen aus Crystallen und bei anderen verbietet die relative Kleinheit überhaupt über ihre Form zu sprechen," ist eine bekannte Thatsache.

(1846) den Satz auf, daß, wiewohl wir viele Körper noch nicht im crystallinischen Zustande kennen, insonderheit zusammengesetztere, wie das Eiweiß u. a., es doch nicht unwahrscheinlich sei, daß die Elementartheile Aller kleine Crystalle und zwar Primitivformen der entsprechenden Crystallreihen darstellen. Crystallisirbarkeit, d. h. polare Massenanziehung wäre demnach eine allgemeine Eigenschaft der Materie. Alle Eiweißarten, histologisch geformte (d. h. Gewebe bildende) und ungeformte würden nach ihm als Pseudomorphosen zu betrachten sein, deren constituirende Crystallindividuen kleiner als $1/_{20000}$''' sein müssen. Es wird diese Anschauung um so einleuchtender, je weiter wir in der Kenntniß der Crystallbildung selbst fortschreiten, und auch hierin hat C. Schmidt uns um einen bedeutenden Schritt gefördert. Die Crystallbildung ist nicht etwa ein Spiel des Zufalls; sie erfolgt vielmehr nach ganz bestimmten, den Stoff beherrschenden Gesetzen. In den meisten Combinationen chemischer Grundstoffe erkennt die crystallographische Untersuchung ein constantes eigenthümliches Winkelverhältniß, nach welchem der Crystall selbst dann in das crystallographische System eingereiht wird. Die Formen selbst sind zum Theil so charakteristisch, daß aus ihnen mit Sicherheit der Körper selbst erkannt werden kann. Es ist dabei von hohem Interesse, zu wissen, daß der Crystall im Entstehungsmoment nicht immer fertig gebildet erscheint, als stereometrisch definirbare Raumbegränzung; er tritt vielmehr oft in unbestimmter, gestaltloser (amorpher Form) oder in bestimmter sphärischer Form, in der Form einer Kugel, auf, die als Aggregat sehr kleiner, weniger als $1/_{20000}$''' im Durchmesser haltender Crystallindividuen angesehen werden kann. Es kommt ferner vor, daß ein Crystall im Entstehungsmoment eine andere Form hat, als im fertigen, ausgebildeten Zustande, wie C. Schmidt es vom salpetersauren Harnstoff nachwies, Verhältnisse, die man unter dem Microscope bei künstlicher Bildung der Crystalle aus möglichst verdünnter Lösung in sehr anschaulicher Weise studiren kann. So läßt sich z. B. das Hervorgehen kleinster, allmählig wachsender schwefelsaurer Kalk- oder Gypscrystalle aus einer scheinbar amorphen Masse sehr hübsch verfolgen, wenn man ein Minimum von kohlensaurem Kalk (Kreide) oder Knochenerde (phosphorsaurem Kalk) mit verdünnter Schwefelsäure unter dem Microscop zusammenbringt. — Auf die Art der Aneinanderlagerung der elementaren Primitivform zu größeren Crystallen hat ferner ohne Frage auch die Temperatur einen hohen Einfluß. Bei höheren Temperatur-

graden scheint die Tendenz zu rechtwinkligen, bei niederen die zu geneigtflächigen Raumbegränzungen vorzuherrschen. Die Crystallisationsverhältnisse des kohlensauren Kalks, der Harnsäure u. s. w. geben Beispiele davon. Wir können hier jedoch nicht näher auf diese Verhältnisse eingehen. Einige leicht nachzuahmende und interessante „Microscopische Beobachtungen über Crystallbildung" hat Dr. Tellkampf in seinen schon oben erwähnten „Physikalischen Studien" mitgetheilt. Für den Arzt ist die Kenntniß der Crystallisationsverhältnisse verschiedener Körper von großer Wichtigkeit, da die Erkenntniß der Krankheiten durch microscopische Untersuchungen der Harnsedimente, des Bluts, der Ernährungsflüssigkeit des Körpers u. s. w. oft auf's Wesentlichste unterstützt wird. Ich selbst habe mich der Darstellung der Gypscrystalle unter dem Microscope mit großem Nutzen bedient, um kleinste, chemisch kaum nachweisbare Mengen von phosphorsaurem Kalk in kleinen Mengen von krankhaften Ausschwitzungen oder Entzündungsproducten nachzuweisen. Bei dem Studium der materiellen Substrate niederster Thierformen dürfte vielleicht ein weiterer Verfolg dieser Beobachtungen von einigem Nutzen sein, da sich hier der chemischen Analyse oft unübersteigliche Schwierigkeiten entgegenstellen.

Kehren wir zum Sauerstoff zurück. Noch einer der wichtigsten Verbindungen desselben haben wir zu gedenken, des Wassers nämlich, das genau aus 2 Volumtheilen Wasserstoff und 1 Volumtheil Sauerstoff besteht. Die Vereinigung dieser beiden Gase zu Wasser geht nur bei Glühhitze oder durch den electrischen Funken vor sich; nur im Contact mit schwammigem Platin erfolgt die Vereinigung schon bei gewöhnlicher Temperatur, ein Umstand, den man bekanntlich bei den s. g. Zündmaschinen in Anwendung gebracht hat. Vielleicht erfolgt auch im thierischen Organismus durch directe Vereinigung beider Gase eine Wasserbildung; der aus zusammengesetzten, organischen Verbindungen bei deren allmähliger Metamorphose ausgeschiedene Wasserstoff verbindet sich, wie es scheint, direct mit dem Sauerstoff der eingeathmeten Luft. Inwiefern die thierische Electricität, sowie die concurrirenden chemischen Vorgänge darauf einen Einfluß ausüben, wollen wir dahingestellt sein lassen.

Das Wesentlichste des so eben Erörterten wäre also das, daß der Sauerstoff mit anderen Metalloiden sowohl, als mit den Metallen Verbindungen und zwar in den verschiedensten Verhältnissen eingeht, daß er

mit jenen vorzugsweise Säuren, mit diesen vorzugsweise basische Oxyde bildet, daß Säuren und Basen sich wieder zu Salzen vereinigen, daß es aber auch Verbindungen des Sauerstoffs mit anderen Elementen giebt, die weder Basen noch Säuren sind, wie das Wasser und die Superoxyde.

Wie für alle anderen chemischen Verbindungen, so kennen wir auch für die Sauerstoffverbindungen nicht das letzte ursächliche Moment. Giebt man die chemische Verwandtschaft oder die Affinität der Elemente als Ursache an, so ist damit selbstverständlich keine Erklärung, sondern nur die Bezeichnung eines gesetzlichen Naturprocesses gegeben. Ist dieselbe in der That vielleicht identisch mit der elektrischen Anziehungskraft, wie man aus dem Umstande folgerte, daß je zwei Elementarstoffe, mit einander in Berührung gebracht, entgegengesetzt elektrisch werden? Lassen wir diese und ähnliche Fragen für jetzt auf sich beruhen. Thatsächlich ist es, und das wollen wir hier hervorheben, daß eine solche Anziehungskraft zwischen den einzelnen Elementen existirt, daß ferner diese s. g. Affinität zwischen verschiedenen Elementen und Verbindungen von sehr verschiedener Stärke ist und daß sich z. B. der Sauerstoff durch eine insonderheit starke Affinität zu vielen anderen Elementarstoffen auszeichnet. Eben auf dieser größeren oder geringeren Affinität beruht auch dasjenige, was wir die Wahlverwandtschaften der Elementarstoffe oder deren Verbindungen nennen. Diese treten hervor, sobald man mehre Elemente oder Verbindungen zusammenbringt und äußern sich darin, daß sich ein jedes Element oder eine jede Verbindung zunächst mit demjenigen Elemente oder derjenigen Verbindung verbindet, zu welcher sie, wie man sagt, die größte Affinität oder Verwandtschaft besitzt. Bringt man z. B. Quecksilber, Eisen und Schwefel zusammen, so verbindet sich der Schwefel mit dem Eisen und nicht mit dem Quecksilber, weil er zu jenem eine größere Affinität besitzt, als zu diesem. Diese Wahlverwandtschaft der Stoffe ist so stark, daß wenn wir einer Verbindung zweiter Ordnung eine Verbindung nähern, welche zu dem einen Constituens jener eine stärkere Verwandtschaft besitzt, als das demselben bereits verbundene, dieses letztere sofort ausgeschieden wird. Wenn man z. B. kohlensauren Kalk mit Schwefelsäure in Verbindung bringt, so verbindet sich die Schwefelsäure sofort mit dem

Kalk zu schwefelsaurem Kalk oder Gyps und die Kohlensäure der erstern Verbindung wird ausgetrieben oder entweicht. Bringt man ebenso Weinsteinsäure mit kohlensaurem Kali in Wasser zusammen, so verbindet die erstere sich sofort mit dem Kali der letztern Verbindung und die Kohlensäure entweicht unter dem bekannten Brausen, welches der Mischung jener beiden Stoffe den Namen des Brausepulvers gegeben hat. Auf denselben Verhältnissen beruht es, daß oftmals, wenn eine Verbindung zweiter Ordnung mit einer andern Verbindung zweiter Ordnung in Berührung gebracht wird, die dieselben constituirenden binären Verbindungen sich gegenseitig austauschen, ihren Platz wechseln; so z. B. bilden schwefelsaures Natron und salpetersaures Baryt schwefelsauren Baryt und salpetersaures Natron:

$$N_2O_5 \quad + \quad BaO$$
$$SO_3 \quad + \quad NaO$$

Auf der Kenntniß dieser Wahlverwandtschaften beruht insonderheit die Kunst der *chemischen Analyse*, indem sie ein Mittel an die Hand giebt, mittelst dessen man die Gegenwart eines Elementes oder einer Verbindung in einer zusammengesetzten Verbindung von Stoffen nachweisen, jene daraus abscheiden und so selbst der Menge nach bestimmen kann. Wollten wir, um nur ein Beispiel unter vielen zu wählen, bestimmen, wie viel Schwefelsäure in einer beliebigen Quantität schwefelsauren Natrons enthalten sei, so würden wir dasselbe zunächst in Wasser auflösen, damit eine klare Flüssigkeit erhalten und nun eine Lösung von salpetersaurem Baryt zusetzen. Sofort würde sich die sämmtliche Schwefelsäure des aufgelösten schwefelsauren Natron mit dem Baryt des salpetersauren Baryt verbinden; und während das salpetersaure Natron aufgelöst bliebe, würde sich der schwefelsaure Baryt als dicker weißer, unlöslicher Niederschlag absetzen; diesen können wir dann durch Filtration des Ganzen von der Flüssigkeit trennen, auf dem Filtrum trocknen, auf der Wage dem Gewichte nach bestimmen und da man genau weiß, wie viel Schwefelsäure eine gewisse Quantität von schwefelsaurem Baryt enthält, so würden wir sofort auch berechnen können, wie viel Schwefelsäure überhaupt in dem schwefelsauren Natron vorhanden war.

Die Kenntniß der Wahlverwandtschaften oder der wechselseitigen Zusetzungen zwischen der einzelnen chemischen Verbindungen ist darnach selbstverständlich für den Chemiker von der größten Bedeutung und wir werden in den folgenden Vorträgen erfahren, daß ihr Spiel nicht nur für die Entstehung unseres Erdkörpers und der jetzigen Erdoberfläche, sondern auch für die Lebens- und Bildungsprocesse im Thier- und Pflanzenreich von der höchsten Bedeutung war und ist.

Von allen übrigen unorganischen Verbindungen der Elementarstoffe bedarf es hier nur noch der Erwähnung Einzelner. Am wichtigsten sind vielleicht die des Wasserstoffs, der, ähnlich wie der Sauerstoff, aber in viel beschränkterem Maße, die Eigenschaft hat, sich mit anderen Elementen zu Körpern zu verbinden, die einerseits wieder den Charakter der Säuren, andererseits den Charakter der Basen tragen. So bildet der Wasserstoff mit den Elementen Jod, Brom und Chlor Säuren, die man den obigen Sauerstoffsäuren gegenüber Wasserstoffsäuren nennt. Unter diesen ist die Chlorwasserstoffsäure oder Salzsäure die wichtigste für uns; wir bezeichnen sie mit HCl; sie ist es, die mit dem basischen Oxyd Natron verbunden das so wichtige Kochsalz oder Chlornatrium bildet. Andererseits tritt der Wasserstoff mit dem Elemente Stickstoff zusammen und bildet mit ihm die wichtige Basis Ammoniak $= NH_3$, die sich in der That ebenso mit Säuren zu Salzen verbindet, wie die basischen Oxyde der einfachen Elemente. An und für sich ist dies Ammoniak ein flüchtiger gasförmiger Körper von scharfem Geruch; er entsteht bei allen Fäulnißprocessen stickstoffhaltiger organischer Körper, bildet einen kleinen Bestandtheil der Luft u. s. w. und ist deshalb für unsere späteren Betrachtungen von großer Wichtigkeit.

Aehnlich endlich wie Sauerstoff und Wasserstoff tritt noch der Schwefel mit einigen einfachen Elementen zu wichtigen unorganischen Verbindungen zusammen. Mit Wasserstoff, Kohlenstoff, Arsenik und Antimon bildet er die s. g. Sulfide, mit einigen Metallen die s. g. Schwefelmetalle. Wir wollen von diesen Verbindungen nur des Wasserstoffsulfids oder Schwefelwasserstoffs $= HS$ und des Schwefeleisens gedenken; jenes kann die Rolle einer Säure, dies die einer Basis spielen.

Weiter auf die unorganischen Verbindungen einzugehen liegt außer dem Plane dieses Vortrages. Es bleibt uns übrig, die organischen Verbindungen, deren große Mehrzahl aus 3 oder 4 einfachen Elementarstoffen besteht, und deren ausschließliches natürliches Vorkommen im Thier- und Pflanzenreich schon oben erwähnt wurde, einer nähern Betrachtung zu unterziehen.

Ueberblicken wir die ganze unendlich lange Reihe derselben, so lassen sie sich in 3 Classen eintheilen: in Säuren, in Basen und in indifferente Stoffe. Die Säuren und Basen haben ähnliche Eigenschaften, wie die anorganischen; beide verbinden sich auch zu Salzen und erzeugen dadurch neue Körper; die indifferenten Stoffe sind dagegen solche, die weder die Eigenschaften einer Säure, noch die einer Basis haben, und deshalb eben „indifferent" genannt werden.

Zu den organischen Säuren gehören insonderheit alle Pflanzensäuren, wie z. B. die Citronensäure ($=C_{12}H_{10}O_{11}$), die Aepfelsäure ($= C_{12}H_{12}O_{12}$), die Weinsäure ($= C_8H_4O_{10}$) u. s. w.; dieselben sind in der Mehrzahl stickstofffrei. Aber es giebt auch stickstoffhaltige Säuren, wie z. B. die im Thierkörper gebildete und den Hauptbestandtheil des bekannten Guano ausmachende Harnsäure, die aus einer bestimmten Anzahl von Atomen CHON besteht ($= C_{10}H_4N_4O_6$). —

Als Beispiele der organischen Basen wollen wir des Chinins ($C_{20}H_{12}NO_2$), des Morphins ($C_{34}H_{19}NO_6$) und des Harnstoffs ($C_2H_4N_2O_2$) erwähnen. Alle diese s. g. vegetabilischen Salzbasen enthalten Stickstoff; die meisten von ihnen sind crystallisirbar; sie sind meistens bitter schmeckend, reagiren alkalisch und machen den wirksamsten Bestandtheil solcher Pflanzen aus, die durch ihre Giftigkeit oder Heilkräfte ausgezeichnet sind. So ist das Chinin die Salzbase (das Alkaloid) der Chinarinde, so das Morphin die Salzbase des Opium, so das Atropin die Salzbasis der Belladonna, das Digitalin der Digitalis u. s. w. —

Zu den indifferenten Stoffen gehören solche, welche weder saure noch basische Eigenschaften besitzen; so z. B. das Pflanzeneiweiß, der Pflanzenleim, das Gummi, das Stärkemehl, der Zucker, u. s. w. Auch die Fette, wie das Stearin, Margarin, Elaïn, Palmöl u. s. w. hat man hierher gezählt. Allein die chemischen Forschungen

haben ergeben, daß die Fette als salzähnliche Verbindungen zu betrachten sind, deren gemeinschaftlicher Paarling das s. g. Lipyloxyd ($= C_6\, H_4\, O_2$), (eine Verbindung, welche bei der Trennung von der Säure die Elemente von 3 At. Wasser aufnimmt und als Glycerin $= C_6\, H_7\, O_5$ zum Vorschein kommt), deren Säure aber in jedem einzelnen Fette verschieden ist. So ist das Stearin nichts anderes als eine Verbindung des Lipyloxyds mit Stearinsäure zu stearinsaurem Lipyloxyd, so das Margarin eine Verbindung des Lipyloxyds mit Margarinsäure, so das Palmöl eine Verbindung des Lipyloxyds mit Palmitinsäure. Das Stearin macht den Hauptbestandtheil der Talgarten des Thierreichs aus, das elaïnsaure Lipyloxyd oder Elaïn ist Hauptbestandtheil unseres Baum-, Mandel- und Rüböls, so wie auch der Thranarten. — Durch Einwirkung starker Salzbasen und namentlich des Kali und Natron kann man die Fette in ihre Säure und Glycerin zerlegen. Diese Basen verbinden sich dann mit der Säure des Fettes und bilden mit ihm Seife. — Die weiße, harte Seife enthält Natron, verbunden mit Stearinsäure oder Margarinsäure; die weiche oder grüne Seife enthält Kali, verbunden mit Elaïn- oder Oelsäure. — Die flüchtigen Oele, welche den Pflanzen oder Blumen ihren Duft verleihen, bestehen entweder nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff, so z. B. das Terpenthinöl ($C_{20} H_{16}$), oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, sie sind als Oxyde einer Kohlenwasserstoffverbindung zu betrachten, so z. B. der Kampher ($C_{20}\, H_{16}\, O_2$) das Zimmtöl ($C_{20}\, H_{11}\, O_2$), u. s. w. —

Schon die Bezeichnung der wenigen angeführten Stoffe wird es klar machen, daß wir es hier stets mit sehr zusammengesetzten Stoffen zu thun haben. Die Elementarstoffe treten nicht in einfachen Atom-Verhältnissen zur Bildung der mannigfachen organischen Verbindungen zusammen, nach unserer bisherigen Anschauungsweise tritt vielmehr in jede Verbindung eine größere Anzahl von Atomen jedes einzelnen Elementes ein. So besteht z. B. die Citronensäure aus 12 Atomen Kohlenstoff, 10 Atomen Wasserstoff und 11 Atomen Sauerstoff; so bestehen hundert Theile Eiweiß des Blutes nach Mulders Analyse aus 53,5 Theilen Kohlenstoff, 7 Theilen Wasserstoff, 15,5 Theilen Stickstoff, 22 Theilen Sauerstoff, und 1,6 Theilen Schwefel. Die Schwierigkeit des richtigen Verständnisses der Constitution dieser Verbindungen wird noch erhöht, wenn wir bedenken, daß man gewisse

Körper kennt, die den Untersuchungen zufolge eine durchaus gleiche (isomere) elementare Zusammensetzung haben, aber in ihrem äußeren Verhalten, Form, Geschmack, Farbe ꝛc. äußerst verschieden sind. So besteht z. B. der Rohrzucker aus $C_{12} H_{11} O_{11}$; das Gummi ist ganz ebenso zusammengesetzt, beide Körper sind aber bekannter Maaßen doch sehr verschieden, und damit, daß man sagt, die Atome haben in beiden Verbindungen eine verschiedene Anordnung ihrer Lagerung, ist im Wesentlichen wenig erklärt. — Der Tag scheint jedoch nicht mehr fern zu liegen, wo die unablässigen Bemühungen unserer tüchtigsten Chemiker, unter denen ich nur die Namen eines Liebig, Wöhler, Hoffmann, Strecker, Kolbe, Will nennen will, ein größeres Licht über die Bildungsverhältnisse der organischen Verbindungen verbreiten werden, wo sich der schon von Berzelius mit Bestimmtheit hervorgehobene und von Liebig weiter entwickelte Satz bewahrheitet, daß die organische Chemie eine Chemie der zusammengesetzten Radicale sei. — A priori dürfen wir mit vollstem Rechte vermuthen, daß, wie alles Geschehen in der Natur, so auch die Bildung der organischen Verbindungen in strengster Weise gesetzlich geregelt ist; daß die Elemente zur Herstellung dieser Verbindungen nicht von Ungefähr zusammenfliegen; so schwierig bis dahin auch noch immer die Erklärung der Genesis oder der Constitution derselben ist und scheint, die Zeit liegt sicher nicht allzufern, wo sich die große Menge dieser scheinbar sehr verwickelten chemischen Bildungsverhältnisse in eine einfache Reihe bestimmter, klarer gesetzmäßiger Vorgänge auflöst. Diesem Ziele gelten heutigen Tages, wie schon oben erwähnt, die Bemühungen unserer größten Chemiker. —

Der einzuschlagende und Gewinn versprechende Weg wird mehr und mehr mit Sicherheit erkannt; der so eben erwähnte Ausdruck: die organische Chemie ist die Chemie der zusammengesetzten Radicale, zeichnet selbst diesen Weg vor. Was aber ist darunter zu verstehen? In Kürze nur Folgendes darüber.

Die Schwefelsäure besteht aus Schwefel und Sauerstoff; das Kali aus Kalium und Sauerstoff; in jener Verbindung nennt man den Schwefel, hier das Kalium das Radical der Sauerstoffverbindung; dies Radical wird also von einem einfachen Elemente, dort von S, hier von Ka gebildet. — Ganz ähnlich nun scheint die Constitution der organischen

Verbindungen von der Art zu sein, daß sich in ihnen allemal ein Radical befindet, das sich mit einem einfachen Elemente oder einem zusammengesetzten Körper verbunden hat, nur mit dem Unterschiede, daß hier das Radical nicht von einem einfachen Elemente, sondern von einem zusammengesetzten Körper gebildet wird, also ein zusammengesetztes Radical darstellt. Bemerkenswerth ist dabei, daß sich dieses zusammengesetzte Radical dann ganz ähnlich wie einfaches Radical zu verhalten scheint, und gleich einem solchen, Verbindungen mit andern Körpern eingeht. Das von Schödler in seinem trefflichen „Buch der Natur" gewählte Beispiel wird das Verhältniß klarer machen, als alle Worte.

Durch die chemische Einwirkung verschiedener Körper auf Weingeist gelingt es, eine ganze Reihe von Verbindungen zu erhalten, deren Zusammensetzungen eine merkwürdige Beziehung sowohl unter einander, als auch auf die des Weingeistes haben, aus dem sie hervorgegangen sind. Von diesen Verbindungen nennen wir folgende:

1. Weingeist $= C_4 H_6 O_2$
2. Aether $= C_4 H_5 O$
3. Salzäther $= C_4 H_5 Cl$
4. Bromäther $= C_4 H_5 Br_2$
5. Jodäther $= C_4 H_5 J$.
6. Schwefeläthyl $= C_4 H_5 S$.
7. Kohlensaurer Aether $= C_4 H_5 CO_2$.
8. Oxaläther $= C_4 H_5 C_2 O_3$
9. Salpeteräther $= C_4 H_5 N_2 O_3$.

„Es muß Jedem auffallen," sagt Schödler, „daß die Anzahl der Kohlen- und Wasserstoffatome in allen diesen Verbindungen dieselbe ist, nämlich $= C_4 H_5$, mit alleiniger Ausnahme des Weingeistes. Dies führte zu der Annahme, daß in allen genannten Körpern eine Verbindung $= C_4 H_5$ enthalten sei, welche in ihrem Verhalten die größte Uebereinstimmung mit einem einfachen Körper zeigt. Man hat dieselbe deshalb als das Radikal jener Reihe angesehen und ihr den Namen: Aethyl und das Zeichen Ae gegeben. Wir wollen nun die obige Reihe von Verbindungen noch einmal betrachten, wie sie unter diesem Gesichtspunkte sich darstellt und zur Vergleichung eine entsprechende Verbindungsweise eines einfachen Körpers, das Kalium, daneben anführen."

Zusammengesetztes Radical:	Einfaches Radical:
C_4H_5 = Ae = Aethyl	Ka = Kalium.
Ae + O = Aether (Aethyloxyd)	Ka + O = + Kali (Kaliumoxyd)
Ae + Cl = Chloräthyl (Salzäther)	Ka + Cl = Chlorkalium
Ae + J = Jodäthyl (Jodäther)	Ka + J = Jodkalium
Ae + Br = Bromäthyl (Bromäther)	Ka + Br = Bromkalium
Ae + S = Schwefeläthyl	Ka + S = Schwefelkalium.
Ae O + HO = Aethyloxydhydrat (Weingeist)	KaO + HO = Kaliumoxydhydrat (Aetzkali)
Ae O + CO_2 = Kohlensaures Aethyloxyd)	KaO + CO_2 = Kohlensaures Kali (Pottasche)
Ae O + C_2O_3 = Oxalsaures Aethyloxyd)	KaO + C_2O_3 = Oxalsaures Kali (Kleesalz)
Ae O + N_2O_3 = Salpetrigsaures Aethyloxyd.	KaO + N_2O_3 = Salpetrigsaures Kali.

Ganz ähnliche Verhältnisse haben sich schon in andern Verbindungsreihen nachweisen lassen; so hat man z. B. für die Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure und Baldriansäure, die Oxalsäure = C_2O_3 als deren gemeinschaftliches Radical angenommen.

Die Ameisensäure	ist	zusammengesetzt	aus	$C_2 O_3 H$
Die Essigsäure	„	„	„	$C_4 O_3 H_3$
Die Buttersäure	„	„	„	$C_8 O_3 H_7$
Die Baldriansäure	„	„	„	$C_{10} O_3 H_9$

Denkt man sich von diesen Körpern deren gemeinsames Radical = C_2O_3 getrennt, so bleibt ein einfaches Element oder ein zusammengesetzter (basischer) Körper übrig, die sich mit der Oxalsäure zu den genannten Säuren vereinigt hatten. So können wir betrachten:

Die Ameisensäure	als	zusammengesetzt	aus	$H + C_2 O_3$
Die Essigsäure	„	„	„	$C_2H_3 + C_2O_3$
Die Buttersäure	„	„	„	$C_6H_7 + C_2O_3$
Die Baldriansäure	„	„	„	$C_8H_9 + C_2O_3$

Die Verbindung C_2H_3 bildet aber einen Körper, den wir Methyl nennen und die Essigsäure kann darnach als Methyloxalsäure betrachtet werden; die Verbindung C_6H_7 bildet einen andern Körper, den wir Metäthyl nennen und wir können darnach die Buttersäure als Metäthyloxalsäure bezeichnen; die Verbindung C_8H_9 kommt endlich ebenfalls als ein Körper für sich unter dem Namen Valyl vor

und man kann darnach die Baldriansäure auch als Valyloralsäure betrachten. —

Es wurde oben des Ammoniaks erwähnt; seine Formel war $N\,H_3$. Denken wir uns diese Formel zerlegt in

$$N\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}$$

so erhalten wir damit ein Schema, nach dem ebenfalls ohne Zweifel eine Menge organischer Verbindungen, insbesondere die stickstoffhaltigen Pflanzenbasen: Morphin, Chinin, Strychnin u. s. w. aufgebaut sind. Den Nachweis dieses interessanten Verhältnisses danken wir vornämlich den unermüdlichen Bemühungen unseres Landsmannes, des Professor W. Hoffmann in London. Seine Forschungen thaten bis zur Evidenz dar, daß die meisten flüchtigen Alkaloide oder organischen Basen ähnlich dem Ammoniak zusammengesetzt sind und sich nur dadurch von demselben unterscheiden, daß die in ihm vorhandenen einfachen Wasserstoffatome durch zusammengesetzte Verbindungen vertreten sind. Während das eine Atom Stickstoff (N) in allen constant bleibt, sind von den Wasserstoffatomen bald eins, bald zwei, bald alle drei durch zusammengesetzte Verbindungen vertreten. Wir erhalten so, wenn wir die einzelnen H Atome durch zusammengesetzte Verbindungen, die wir kurz einmal X, Y und Z nennen wollen, vertreten sein lassen, folgende Verbindungen mit den ihnen von Hoffmann beigelegten Namen:

$N\left.\begin{matrix}H\\H\\X\end{matrix}\right\}$ = die s. g. Amidogen-Basen (z. B. das Aethylamin = $N\left.\begin{matrix}H\\H\\C_4H_5\end{matrix}\right\}$

$N\left.\begin{matrix}H\\Y\\X\end{matrix}\right\}$ = die s. g. Imidogen-Basen,

$N\left.\begin{matrix}Z\\Y\\X\end{matrix}\right\}$ = die s. g. Nitril-Basen.

Es ist höchst wahrscheinlich, daß das schon oft erwähnte Chinin ($C_{20}H_{12}NO_2$), ebenso wie das Morphin ($C_{34}H_{19}NO_6$) solche Nitril-Basen sind, in denen also dort die Verbindung $C_{20}H_{12}O_2$, und hier die Verbindung $C_{58}H_{20}O_6$ sich in 3 einfachere Verbindungen zerlegen lassen würde, daß N aber stets als solches enthalten wäre. —

Die Mittheilung dieser wenigen Beispiele mag genügen, um zu zeigen, auf welchem Wege man in der Erkenntniß der Constitution der organischen Verbindungen begriffen, zu welchen Anschauungen man bereits gelangt ist. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß man mit der Zeit für alle zusammengehörige Gruppen organischer Verbindungen bestimmte zusammengesetzte Radicale auffindet, und dadurch die Verbindungen selbst ähnlich in einzelne constituirende Theile (Verbindungen) zerlegen oder spalten lernt, wie die unorganische Chemie die Schwefelsäure in Schwefel und Sauerstoff, das Kali in Kalium und Sauerstoff, das Glaubersalz in Schwefelsäure und Natron u. s. w. zerlegt. Wir dürfen und müssen diese Hoffnung auch in Betreff derjenigen Verbindungen hegen, die eben für die Physiologie des thierischen Organismus von der größten Bedeutung sind und über deren Constitution wir bis dahin noch aller nähern Kenntniß baar sind; so in Betreff des Eiweißes und Faserstoffs im Blute, des Harnstoffs und der Harnsäure, des Zuckers, Stärkemehls und Gummis, mancher Pflanzensäure u. s. w.*) Mit der fortschreitenden Erkenntniß der Constitution dieser Körper wird dann auch die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit näher gerückt, dieselben künstlich und ohne Beihülfe eines thierischen oder pflanzlichen Organismus darzustellen, wie es bereits mit mehren Verbindungen gelungen ist; so stellte Wöhler, wie schon oben erwähnt, den Harnstoff aus Cyansäure und Ammoniumoxyd, Strecker die Milchsäure aus Aldehyd und Blausäure, Taurin, einen Bestandtheil der Galle, aus isäthionsaurem Ammoniak dar. Und damit erhalten wir endlich auch nicht nur von Neuem den längst gelieferten inductiven Beweis, daß wir es in der organischen sowohl, als unorganischen Natur stets mit denselben Elementarstoffen zu thun haben, sondern daß auch überall dieselben Naturkräfte wirksam sind, daß es keiner besondern, eigenthümlichen

---

*) Als eine Eigenschaft aller organischen Verbindungen ist es zu betrachten, daß sie sämmtlich Kohlenstoff enthalten; daß dieser Kohlenstoff überall in den organischen Verbindungen als Doppelatom vorkomme, wurde kürzlich noch wieder von Will (Zur Theorie der Constitution der organischen Verbindungen von H. Will, in Liebig und Wöhler's Annalen. Bd. 91. Heft 3.) hervorgehoben. Aehnlicher Verhältnisse und Gesetze werden sicherlich bald mehre gefunden werden.

Lebenskräfte der Pflanze oder des Thieres bedarf, um jene complexeren organischen Verbindungen zu erzeugen. Wir dürfen es dreist aussprechen, daß nach den bisherigen Ergebnissen der chemischen Forschung die Zeit nicht fern liegen kann, wo es gelingen wird, das Chinin oder Morphium künstlich darzustellen, wo wir eine unser Jahrhundert ehrende und thatsächlich als richtig erkannte Einsicht in die wunderbaren Werkstätten des Schöpfers erlangen.

Die sehr complicirte Zusammensetzung der organischen Verbindungen hat aber noch eine sehr wichtige Eigenschaft derselben in ihrem Gefolge. Die einfachsten Verbindungen von Elementarstoffen, denen wir im Reiche der unorganisirten Körper begegnen, besitzen im Allgemeinen eine große Dauerhaftigkeit, eine bedeutende Widerstandsfähigkeit gegen äußere Agentien. Jahrzehnde und Jahrhunderte sind für die Verwitterung von Steinmassen erforderlich und manche Verbindung vermögen wir auch bei Anwendung der uns zu Gebote stehenden stärksten Naturkräfte, wie der Electricität, der Wärme u. s. w. kaum zu zerlegen. Die organischen Verbindungen dagegen unterliegen, und je zusammengesetzter sie sind, desto leichter, überall in kurzer Zeit entweder einem Zerfall, einer Spaltung in einfachere Verbindungen, um endlich als solche in das Reich der unorganischen Stoffe zurückzukehren, oder doch einer schon durch äußere Merkmale sichtbaren Veränderung, die bald von dieser, bald von jener Ursache abhängig ist. Dieser Zerfall oder diese Veränderung der organischen Verbindungen sind es, die wir mit dem Ausdruck der chemischen Metamorphose bezeichnen; ihre Kenntniß ist für das Verständniß des Geschehens in der Natur nicht minder nothwendig, als die Kenntniß von der Zusammensetzung der verschiedenen Verbindungen selbst. In ihr Bereich gehören alle Fäulniß- und Verwesungsprocesse, die Umwandlungen der Nahrungsmittel der Thiere innerhalb des thierischen Organismus, alle Gährungsprocesse u. s. w., genug schon, um die Wichtigkeit der Kenntniß derselben in vollem Maaße begreiflich erscheinen zu lassen.

Auch von diesen Metamorphosen wird sich durch einige Beispiele leichter einige richtige Vorstellung gewinnen lassen, als durch viele Worte; wir wollen die bei der Brodbereitung in Frage kommenden chemischen Verhältnisse des Stärkemehls wählen, um uns an ihnen klar

zu machen, was man unter einer chemischen Metamorphose zu verstehen hat.

Zunächst wissen wir, durch leicht anzustellende Versuche, daß bei der Brodbereitung und zwar in Folge des Hefezusatzes (oder Sauerteigs) ein Theil des im Mehl enthaltenen Stärkemehls in Traubenzucker umgewandelt wird. Das Stärkemehl besteht aber aus $C_{12}\,H_{10}\,O_{10}$, der Traubenzucker dagegen aus $C_{12}\,H_{12}\,O_{12}$; die Verbindung des Stärkemehls hat also bei diesem Vorgange 2 At. Wasser $= 2\,(HO)$ aufgenommen; das Ferment (Hefe oder Sauerteig), welches auf das Stärkemehl einwirkte, bedingte die chemische Metamorphose, für deren letzten Grund uns freilich bis dahin jede Erklärung mangelt. Ganz ähnlich verhält es sich bei der Umwandlung des Stärkemehls in Traubenzucker durch den menschlichen Speichel; durch diesen vermögen wir augenblicklich das erstere in letztere umzuwandeln, er wirkt darauf wie ein Ferment. — Einmal entstanden bleibt nun aber der Zucker als solcher nicht im Brode; er erleidet vielmehr noch eine weitere Veränderung, die wir ebenfalls als Folge der Einwirkung des Fermentes betrachten müssen. Er spaltet sich jetzt nämlich in Kohlensäure und Alkohol; die Kohlensäure bewirkt das sogenannte Aufgehen des Brodes, der Alkohol entweicht in die Luft. Machen wir uns diesen Vorgang durch die Formeln der einzelnen Stoffe deutlich, so erhalten wir folgendes Schema:



$2\,(C_4\,H_6\,O_2)$ bedeutet aber 2 Theile Alkohol und $4\,(CO_2)$ heißt 4 Theile Kohlensäure. 1 Theil Traubenzucker zerfiel also geradeauf in 2 Theile Alkohol und 4 Theile Kohlensäure. Es ist kein neues Atom in die Verbindung eingetreten, kein Atom aus derselben ausgetreten und doch haben wir statt derselben zwei ganz differente Stoffe! Es giebt dies Beispiel wohl einen hinlänglichen Begriff davon, was unter einer chemischen Metamorphose zu verstehen ist. Dieselbe Umwandlung, welche der Zucker hier erleidet, erleidet er auch bei der Bier-,

Weingährung u. s. w.; und daß in diesen, sobald sie einer geeigneten Temperatur ausgesetzt werden, der Alkohol in den sogenannten Aldehyd und weiterhin in Essigsäure umgewandelt wird, beruht wieder auf einer ähnlichen Metamorphose; das bekannte Sauerwerden des Weins, Biers u. s. w. in der Wärme bei Luftzutritt ist eben durch diese Umwandlung des Alkohols bedingt. *)

Das Stärkemehl verwandelt sich also in den gewählten Beispielen in Traubenzucker, der Traubenzucker zerfällt in Kohlensäure und Alkohol; der Alkohol zerfällt wieder in Aldehyd und Wasser, aus dem Aldehyd geht wieder Essigsäure hervor. Wollten wir die Metamorphosen der Essigsäure, wie sie im thierischen Organismus ohne Frage Statt haben, noch weiter verfolgen, so würden wir als endliches Resultat Kohlensäure und Wasser bekommen, die als solche in das Reich der unorganischen Verbindungen gehören. — Kohlensäure und Wasser sind das endliche Resultat aller Metamorphosen, welche die stickstofffreien organischen Verbindungen erfahren; Kohlensäure, Wasser und Ammoniak das Resultat derjenigen Metamorphosen, welchen die stickstoffhaltigen organischen Verbindungen unterliegen.

Wir kennen nun zwar eine Menge von Zersetzungsproducten der stickstofffreien und stickstoffhaltigen organischen Verbindungen außerhalb des pflanzlichen oder thierischen Organismus; wir wissen auch mit Bestimmtheit, daß jene Verbindungen in dem letztern ständig solche Zersetzungen erleiden; daß die stickstoffhaltigen (eiweißartigen) Verbindungen, die wir als Nahrung in den Körper einführen und die in diesem zu Bestandtheilen desselben werden, zum größten Theil zu

---

*) Schematisch würde sich dieser letztgenannte Vorgang folgendermaaßen darstellen lassen:

Alkohol = $C_4 H_6 O_2$ = $\begin{cases} C_4 H_4 O_2 \text{ ——— = Aldehyd} \\ H_2 \text{ ——— = Wasser} \end{cases}$

2 At. Sauerstoff O_2 =

Aldehyd $C_4 H_4 O_2$ ——— = Essigs. u. Wasser $C_4 H_3 O_3 + H O$

2 At. Sauerstoff

Bei diesen Metamorphosen treten also je 2 At. Sauerstoff in die Verbindungen des Alkohol und des Aldehyd ein.

Harnstoff, die stickstofffreien zu Kohlensäure und Wasser umgewandelt werden; allein wir kennen, namentlich in ersterm Falle, noch nicht genau die ganze Reihenfolge von Metamorphosen, welchen die einzelnen organischen Verbindungen unterliegen; wir haben keine Einsicht in die Reihenfolge chemischer Zersetzungen des Eiweißes bis zu dessen Endgliede, dem Harnstoff hin; wir wissen noch nicht genau, welche Stufen der Metamorphose der Zucker, den wir genießen, im Körper durchläuft, um endlich Kohlensäure und Wasser zu werden. — Also auch hier fehlt uns noch Vieles. Wie an einer genügenden Kenntniß der Bildungsgesetze und Constitution der organischen Verbindungen, so fehlt es uns an einer genügenden Einsicht in die Reihe der Metamorphosen, die sie bald außerhalb, bald innerhalb des Organismus erleiden. Um so mehr aber, als weder das Leben des gesunden, noch des kranken Organismus ohne eine solche Kenntniß zu begreifen ist, um so mehr, als es sich dort, wie hier stets um die Fragen handelt, welchen Zersetzungen die Nahrungsmittel und das körperbildende Material selbst unterliegen, welche Störungen diese Metamorphosen erleiden können und welche Krankheitserscheinungen durch solche Störungen hervorgerufen werden, um so mehr ist es die Aufgabe der Physiologen und Aerzte gerade diesen Metamorphosen, diesen Rückbildungsprocessen der organischen Verbindungen die größte Aufmerksamkeit zuzuwenden. Ohne die Kenntniß der Elementarstoffe und ihrer Verbindungen, ohne eine genaue Kenntniß der Metamorphosen dieser letztern ist keine Physiologie, keine Lehre vom Leben weder der Pflanze, noch des Thieres möglich. Dieser Satz, der in den folgenden Vorträgen vielfach seine Bestätigung finden wird, wir wiederholen es auch hier, erhebt das Studium der Chemie zu einem der wichtigsten Zweige nicht nur der Naturwissenschaften überhaupt, sondern vornämlich auch der medicinischen Studien; nicht dringend genug kann ihr eifriger Betrieb den angehenden Aerzten empfohlen werden. Man hat sich gar vielfach in der Heilkunde begnügen lassen am Glauben und Wähnen, an Ideen und Ansichten; man läßt's sich daran leider noch heutigen Tages nur zu oft genügen. Die Zeit aber muß enden, wo man ständig einem Kampfe von subjectiven Anschauungen begegnet; nur auf dem Boden der zuverlässigen Thatsachen wird eine siegreiche Heilkunde erstehen können und unter diesen nehmen die organisch chemischen, wo

nicht den wichtigsten, doch einen überaus hervorragenden Platz ein. Es giebt noch vieles zu thun, ehe wir uns dem Ziele nähern; deshalb aber um so mehr thue ein Jeder das Seinige! —

Aus den einzelnen und einfachen Elementarstoffen ist also die ganze uns umgebende Welt, die Welt der organisirten Körper sowohl, wie die der unorganisirten aufgebaut; die tausendfältigen Verbindungen der Elementarstoffe bedingen die tausendfältigen Verschiedenheiten der Körper selbst. Bald sind die Verbindungen einfacher, bald complicirter zusammengesetzt; von vielen kennen wir genau den Bildungsvorgang, von vielen wissen wir noch nicht, in welcher Weise sie da entstehen, wo sie vorkommen. Eine große Aufgabe für die chemische Forschung liegt hier noch vor. — Alle Körper aber, die aus den Elementarstoffen hervorgegangen sind, können auch wieder in dieselben zerfallen oder in sie zerlegt werden; je zusammengesetzter sie sind, um so verschiedenartigere Metamorphosen in andre Körper können sie erleiden und um so leichter erfolgen diese Metamorphosen selbst. — Die Chemie hat die Aufgabe, wie den Aufbau der Verbindungen, so auch deren Zerfall darzulegen; beides ist nothwendig für das richtige Verständniß des Geschehens in der Natur.

Zum weitern Unterricht in der Chemie sind zu empfehlen:

Schödler's: „Buch der Natur," Abschnitt „Chemie." (8te Auflage.)

Desselben: „die Chemie der Gegenwart in ihren Grundzügen und Beziehungen zu Kunst und Wissenschaft, Gewerbe und Ackerbau, Schule und Leben. Für Gebildete aller Stände. 1854.

Wöhler: Grundriß der Chemie. 11te Auflage. (Organ. Theil 5te Aufl.)

Fresenius: Lehrbuch der Chemie für Landwirthe, Forstmänner und Cameralisten. Braunschweig 1847.

u. m. a.

[illegible] der Wissenschaft doch einen überaus hervorragenden Platz ein. Es [illegible] noch Vieles zu sagen, [illegible] wir uns dem Ziele [illegible] [illegible] das zu weit [illegible] [illegible] des [illegible]! —

Aus den einfachen und einfachsten Elementarstoffen ist also die ganze uns umgebende Welt, die Welt der organischen Körper sowohl, wie die der unorganischen aufgebaut; die mannichfaltigen Verbindungen der Elementarstoffe bedingen die mannichfaltigen Verschiedenheiten der Körper selbst. Nach [illegible] die Verbindungen [illegible] [illegible] zusammengesetzt, von vielen kennen wir genau den Mischungsverhältniß, von vielen wissen wir nur [illegible], [illegible] sie da entstehen, wo sie vorkommen. Eine große Aufgabe für die chemische Forschung liegt hier noch vor. — Alle Körper aber, die aus den Elementarstoffen zusammengesetzt sind, können auch wieder in dieselben zerlegt oder in sie [illegible] werden; je zusammengesetzter sie sind, um so verschiedenartigere Elementarstoffe in andere Körper können sie erleiden und um so leichter erfolgen diese Veränderungen meist. — Die Chemie hat die Aufgabe, wie den Aufbau der Verbindungen, so auch deren Zerfall nachzuweisen. Sie ist unentbehrlich für das richtige Verständniß des Weltganzen in der Natur.

Zum weiteren Unterricht in der Chemie sind zu empfehlen:

Schödler: „Buch der Natur." Zweiter „Chemie". (Mit [illegible].)

Stöckhardt: „Die Schule der Chemie, [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible]

[illegible]. [illegible] [illegible] [illegible]. 1851.

Wöhler: [illegible] der Chemie. [illegible] [illegible]. [illegible]

Weinhold: [illegible] der Chemie für [illegible], [illegible] und [illegible]. [illegible] [illegible]

Zweiter Vortrag.

Die Erdbildung.

So schwierig es ist, eine genügende Einsicht und Klarheit in Betreff der unendlichen Anzahl von einzelnen chemischen Verbindungen, ihrem Verhalten, ihrer Darstellung, ihrem Vorkommen u. s. w. zu gewinnen, so leicht ist es doch auch, sich einen allgemeinen Begriff von denselben und damit von der materiellen Grundlage der uns umgebenden Welt zu bilden, so leicht gelingt es auch, sich auf dem weiten Gebiete der Chemie zurechtzufinden, sobald man nur an der gegebenen allgemeinen Eintheilung desselben festhält. Nur als ein solcher allgemeiner, zur Verständigung dienender Grundriß soll dasjenige gelten, was wir im ersten Vortrage mitgetheilt haben. In jedem der folgenden Vorträge werden wir es mit chemischen Verbindungen zu thun haben; ein jeder wird auch einen Beitrag zur weiteren Ausführung unserer ersten Skizze liefern; um so mehr aber war es nothwendig dieselbe jeder andern Betrachtung vorauszuschicken.

Wo aber soll nun die allgemeine Physiologie ihre Grenzen ziehen? — Bisher hat sie sich stets auf die Betrachtung der Entstehung, der Erhaltung und der Lebenserscheinungen der Pflanzen und Thiere der Gegenwart beschränkt. Allein eben so wenig, wie die specielle Physiologie des menschlichen Organismus Abstand nimmt von der Frage nach der ersten Entstehung und Entwickelung desselben, eben so wenig darf die allgemeine Physiologie — d. i. die allgemeine Naturlehre — absehen von der Frage nach der ersten Entstehung der uns umgebenden Welt. Die Schöpfungsgeschichte erheben wir damit zu einem Abschnitt der allgemeinen Physiologie. Und sollte sich nicht jedem Denkenden bei der Kunde von den chemischen Verbindungen, welche die

materielle Grundlage sowohl des Erdkörpers, als der darauf lebenden Organismen bilden, sofort die Frage aufdrängen, wo und wann dann zuerst diese Verbindungen entstanden, wo und wann sich die ersten Organismen gebildet haben? Drängen uns nicht Tausende von Gegenständen, deren Betrachtung in das Gebiet der allgemeinen Physiologie fällt, auf die Frage nach der Beschaffenheit der Erdkruste, ihrer oberflächlichen und tieferen Schichten hin? Die Agriculturchemie wird der geologischen Kenntnisse nimmer entbehren können; die Beschaffenheit unserer Trink- und Heilquellen führt uns unmittelbar zu geologischen Betrachtungen hin; das Leben ganzer Völkerschaften, das geistige, wie körperliche, steht zu der Beschaffenheit des heimathlichen, mütterlichen Bodens in gleicher Abhängigkeit, wie das des einzelnen Individuums zu dem mütterlichen Organismus.

Aus diesem Grunde wollen wir auch in der Reihe dieser Vorträge der Entstehung des Gewordenen eine kurze Betrachtung widmen, und ist es uns auch nur möglich eine flüchtige Skizze der Schöpfungsgeschichte zu entwerfen, als eines einleitenden und vorbereitenden Theils für die spätere Darlegung der Erhaltung und der Lebenserscheinungen des Bestehenden können wir ihrer nicht wohl entbehren.

Woher die Elementarstoffe selbst stammten, ehe sie irgend welche Verbindungen mit einander eingingen, ist eine von denjenigen Fragen, welche jenseits aller Naturforschung liegen. Es giebt für menschliches Denken und Wissen eine unüberschreitbare Grenze; bei der Frage nach dem Ursprunge der Elementarstoffe sind wir bei dieser Grenze angelangt. Nennen wir ihr Dasein ein Wunder oder wie wir wollen, begnügen wir uns aber mit dem Wissen, daß sie da sind und, so weit unsere Forschung reichen kann, auch da waren.

Zu Anfang, so lautet die allgemein herrschende Ansicht, war nun der ganze Weltraum mit diesen Elementarstoffen in höchst fein zertheiltem, beweglichem, gasförmigem Zustande erfüllt. In der Form eines Nebels, wie Sir William Herrschel es bezeichnete, waren sie, chaotisch gemischt, darin vorhanden, und in der That würde ohne die Supposition eines solchen Zustandes der Materie der gleichartige Gestaltungsproceß der verschiedenen Himmelskörper nicht wohl zu deuten sein. Man

hat sich die Mühe gegeben, aus der räumlichen Ausdehnung unseres Planetensystems und aus dem jetzigen Gewichte der einzelnen Planeten zu berechnen, wie groß dereinst die Ausdehnung der jetzt die einzelnen Planeten bildenden Elementarstoffe gewesen sein dürfte. Die Berechnung führte zu dem Resultate, daß in jenem Urzustande ein einziges Loth der letztern den Raum von 1,130,500 Cubikmeilen erfüllen mußte; ja nach Andern sollte sich die Ausdehnung derselben noch weit höher belaufen. Bei dieser feinen Verdünnung konnten die einzelnen Elementarstoffe noch keine Wirkung auf einander ausüben; Alles blieb in chaotischer Mischung stehen, bis irgendwo durch erste Massenanziehung, eine Folge der überall wirksamen Anziehungskraft oder Schwere, die Anlage zu einer Differenz der Materie und dadurch zu einer Wirkung der differenten Bestandtheile auf einander Veranlassung gegeben wurde. So schied sich der Weltdunst höchst wahrscheinlich zunächst in bestimmte Massen, die sich um einzelne Kerne herum verdichteten. Die vielgestaltigen, bald mehr länglichen, bald rundlicheren, bald strahligen, wahrscheinlich noch ständig Gestaltungsprocesse durchlaufenden Nebelflecken, die wir heutigen Tages wahrnehmen und deren Zahl auf drittehalbtausend geschätzt wird, sind aller Wahrscheinlichkeit nach solche verdichtete Weltdunst-Massen; auch die mächtigsten Fernröhre vermögen in ihnen keine Sterne zu unterscheiden; *) und ihre nebelartige Gestalt oder Masse war es eben, welche Herrschel zu der Idee seiner „Nebularkosmogenie“ führte.

Aus einer jeden jener ersten verdichteten Massen, so ist die fernere Annahme, bildete sich nun allmälig ein s. g. Astralsystem hervor und auch unser Sonnensystem verdankt ohne Zweifel einer solchen ursprünglich nebelartigen Dunstmasse seine Entstehung. Das entfernteste dieser Astralsysteme ist nach Herrschel's Schätzung 35000 Mal weiter von der Sonne entfernt, als Sirius, die Entfernung des letzteren von der Sonne zu circa 4 Billionen Meilen angeschlagen. Eine jede Verdichtung der Materie, wie sie hier stattfand, ist aber nothwendig von Wärmeentwickelung begleitet. Vermöge dieser Wärme wurden die ersten sich concentrirenden Massen nicht gleich fest, sie blieben vielmehr in einem erweichten, oder

*) Vergl. Kosmos I. pag. 86.

flüssigen glühenden Zustande und aus solchen glühenden Massen bestanden wohl ohne Zweifel die ersten Kerne der sich aus dem dunstförmigen Urstoffe hervorbildenden Weltinseln.

Denken wir uns nun auch unser Sonnensystem, welches von Humboldt so treffend als das relativ Kleine in dem Großen und Universellen bezeichnet, in seiner ursprünglichen Gestalt als einen solchen ungeheuern Gasball mit glühendem Kern, so entwickelte sich dasselbe nach der von Kant aufgestellten und von Laplace *) weiter verfolgten und begründeten Theorie in folgender Weise bis zu dem heutigen Zustande heran:

Es erhielt zunächst der große Gasball, einmal in Folge der Anziehung der fein vertheilten Materie von Seiten des schon dichter gewordenen Kernes, sodann aber vielleicht auch durch Attractionen entfernter ähnlicher Kerne, eine rotirende Bewegung. Mit der fortschreitenden Verdichtung der Masse und der damit bedingten Verkleinerung des Volumens des Gasballes wurde, kraft des aller Materie zukommenden Beharrungsvermögens diese Bewegung schneller und schneller; der Centripetalkraft, der Anziehungskraft des Mittelpunktes, trat die Centrifugal- oder Fliehkraft entgegen und damit erhielt der ursprüngliche Gasball jene sphäroidische, linsenförmige Gestalt, welche v. Humboldt in seinem Kosmos (I. pag. 92) unserer Weltinsel noch heutigen Tages zuschreibt. Daß in der That die Schnelligkeit der Bewegung des rotirenden Körpers fort und fort zunehmen mußte, ist nicht schwer zu erschließen, wenn man bedenkt, daß die äußersten, peripherischen Theile des großen Gasballes dem Mittelpunkte desselben immer näher rückten, ihre einmal erhaltene Bewegung aber nach dem Gesetze der Trägheit beibehielten. Den kürzern Raum, welchen sie jetzt zurückzulegen hatten, mußten sie offenbar in bei Weitem kürzerer Zeit, d. h. schneller zurücklegen, als diejenigen Theile des Gasballes, welche vor ihnen diesen Raum inne hatten, ein Verhältniß, welches sich dann an der gesammten Materie bis zu deren Mittelpunkt hin wiederholen und somit auch eine zunehmende Schnelligkeit der Bewegung des gesammten Gasballes bedingen mußte. Bei der Fortdauer dieser Verhältnisse mußte aber ein

---

*) S. Exposition du système du monde, par M. le Marquis de Laplace. Paris 1824. Cinquième édit. Tome second. Note VII. pag. 430.

Moment eintreten, in welchem die Centrifugalkraft der noch immer sehr lose verbundenen Materie die Centripetalkraft derselben überwand; es mußte sich ein Theil des ursprünglichen Gasballs an dessen äußerster Peripherie ablösen, es mußte ein denselben umkreisender, aber von ihm abgetrennter Gürtel sich bilden. Die Anziehung, die Verdichtung des Stoffes dauerte dabei, wie in dem ursprünglichen Gasball, so auch in diesem abgelösten Ringe fort; dadurch mußten allmählig Lücken, Risse in demselben entstehen, seine Masse ballte sich mehr und mehr zusammen, bis endlich aus ihr eine neue, abgesonderte, für sich bestehende Gaskugel entstanden war. Die Bewegung dieser neu entstandenen Kugel wurde aber eine doppelte; einmal behielt sie kraft des Beharrungsvermögens diejenige Schnelligkeit und dieselbe Richtung bei, welche ihre Materie als integrirender Theil des ursprünglichen Gasballes zur Zeit der Abtrennung von demselben gehabt hatte; andrerseits bekam sie auch eine Bewegung um sich selbst dadurch, daß die innern Theile des sich ablösenden Ringes, dessen Breite wir auf mehre Millionen Meilen anschlagen dürfen, offenbar eine langsamere Bewegung besaßen, als die äußeren Theile desselben. Man unterscheidet diese beiden Bewegungen als Bahngeschwindigkeit und als Drehungsgeschwindigkeit.

Der hier geschilderte Vorgang der Ablösung eines Ringes von der ursprünglichen Gaskugel und seiner Gestaltung zu einem selbständigen, rotirenden Weltkörper wiederholte sich nun bei fortschreitender Verdichtung der Massen wieder und wieder, bis endlich sich die Masse der sämmtlichen bis jetzt bekannten 8 großen und 14 kleinern Planeten *) von dem Urgasball abgelöst und zu selbständigen rotirenden Körpern formirt hatte, bis als letzter Kern desselben die Sonne selbst als fortdauernder Gravitationspunkt des ganzen Planetensystems übrig blieb. So mag sich denn auch unsere Erde zunächst als ein Ring von dem ursprünglichen Gasball abgelöst und zu einer davon getrennten Kugel noch immer dunstförmigen Stoffes formirt haben. Ihre weiteren Schicksale werden wir alsbald näher kennen lernen.

---

*) Von der Sonne ausgehend finden wir die Planeten in folgender Reihenfolge: Mercur, Venus, Erde, Mars; Flora, Victoria, Vesta, Iris, Metis, Hebe, Parthenope, Irene, Asträa, Egeria, Juno, Ceres, Pallas, Hygiea; Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun.

Der mittlere Abstand des Neptun von der Sonne, d. h. die Länge des Halbmessers eines Kreises, welche man sich den Neptun, den bis dahin bekannten entferntesten Planeten, um die Sonne beschreiben denkt, beträgt 744 Millionen geographische Meilen; der mittlere Abstand des Jupiter 107 Millionen, der der Erde 20 Millionen Meilen. Der ursprüngliche Gasball würde demnach zur Zeit der Ablösung des den Neptun bildenden Ringes einen Durchmesser von 1488 Millionen geographischen Meilen, zur Zeit der Ablösung des den Jupiter bildenden Ringes einen Durchmesser von 214 Millionen, zur Zeit der Ablösung des die Erde bildenden Ringes einen Durchmesser von 40 Mill. Meilen besessen haben. Nach ihrer Ablösung und der Vollendung ihrer ersten Gestaltung machten sodann aber die einzelnen Gasbälle wahrscheinlich einen ganz ähnlichen Proceß durch, wie der ursprüngliche, unsre ganze Weltinsel bildende Gasball. Es lösten sich Ringe von ihrer Peripherie ab, die sich durch gleiche Vorgänge, wie oben geschildert, zu kleinern Kugeln zusammenballten, und in diesen Kugeln erkennen wir jetzt die Trabanten unserer Planeten. Als solcher fand von Seiten des Erd-Gasballs unser Mond seine Entstehung und wissen wir, daß der Mond 51,480 geographische Meilen von der Erde entfernt ist, so läßt sich leicht berechnen, daß der Durchmesser der ursprünglichen Erd-Gaskugel nahezu 103,000 geographische Meilen betrug, während der jetzige nur 1739 Meilen beträgt.

Das war der erste Act der Weltschöpfung. Aus der chaotischen Dunstmasse bildeten sich eine Anzahl getrennter, mehr oder weniger kugelig zusammengeballter Massen hervor; viele derselben durchliefen bei andauernder Verdichtung der Stoffe, sicher ähnlich wie unser Sonnensystem, weitere Gestaltungsprocesse; um ihre verschiedenen Mittelpunkte entwickelten sich die verschiedenen Astralsysteme, ähnlich wie unser Astralsystem um die Sonne. Diese Theorie ist nicht etwa nur die Frucht eines Gedankens, einer Idee; sie ist durch wenn auch nur annähernd gültige und zutreffende Beweise gestützt; die Regelmäßigkeit der Abstände unserer Planeten, die Gleichmäßigkeit ihrer Bewegungsrichtung in nahezu derselben Ebene, die gleichmäßig gegen das Centrum hin zunehmende Schnelligkeit der Bewegung, die comparative Dichtigkeit der einzelnen Planeten und endlich die noch jetzt zu beobachtende Ringbildung am Saturn können als solche Beweise betrachtet werden. —

Was die Regelmäßigkeit der Abstände der Planeten von der Sonne betrifft, so ergiebt sich, daß wenn man die Zahlenreihe:

0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, 384

bildet und nun zu jeder dieser Zahlen die Zahl 4 addirt, man eine zweite Reihe von Zahlen erhält, die, mit 2 multiplicirt, ziemlich genau die Abstände der einzelnen Planeten nach Millionen Meilen angiebt. Erhalten wir also zunächst durch die Addition der Zahl 4 die Reihe:

4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196, 388

und multipliciren diese einzelnen Zahlen mit 2:

8, 14, 20, 32, 56, 104, 200, 392, 776

so bezeichnen 8 Millionen Meilen die Entfernung des Mercur von der Sonne, 14 Millionen die der Venus, 20 Millionen die der Erde, 32 Millionen die des Mars, 104 Millionen nahezu die des Jupiter, 200 Millionen nahezu die des Saturn, 392 Millionen nahezu die des Uranus und 776 Millionen nahezu die des Neptun. Nur für die Zahl 56 oder die Entfernung von 56 Millionen Meilen haben wir keinen Planeten angegeben. Allein es existirt hier in unserm System nicht etwa eine Lücke, es ist vielmehr im höchsten Grade wahrscheinlich, daß, während sich alle übrigen von dem Urgasball abgelösten Ringe zu einer größern zusammenhängenden Masse formirten, derjenige Ring, welcher sich in der Entfernung von etwa 56 Millionen Meilen von dem Mittelpunkte ablöste, in eine Menge kleinerer Stücke zerfiel und so statt eines größern eine Anzahl kleinerer Planeten bildete. Nahezu in der Entfernung von 56 Millionen Meilen von der Sonne finden wir denn auch die Hygiea (65 Mill. Meilen), Pallas (57 Mill.), Ceres (57 Mill.), Juno (55 Mill.), Asträa (53 Mill.), Vesta (48 Mill.) u. s. w. und als dem Mars am nächsten stehend die Flora (45 Mill.). Diese sämmtlichen Planeten konnten sehr wohl trotz ihrer verschiedenen mittleren Abstände (d. h. Entfernungen von der Sonne) aus einem ursprünglichen Ringe des Urgasballs hervorgehen; es wurde schon oben erwähnt, daß wir uns diese Ringe von nicht weniger als vielen Millionen Meilen Breite zu denken haben; 20 Millionen Breite des Ringes würde aber schon hinreichend gewesen sein, um den sämmtlichen kleinere Planeten in der besprochenen Entfernung ihre Entstehung zu geben. Trifft nun auch dieses Gesetz der regelmäßigen Abstände der Planeten

von einander keineswegs, wie Gauß schon erwähnte, scharf zu, will man es auch mit Lalande und Delambre nur als Zahlenspiel betrachten, so läßt es doch eine gewisse Regelmäßigkeit in den Ablösungszeiten der einzelnen Ringe nicht wohl verkennen und in dieser Beziehung mag es immerhin seinen Werth behaupten. *)

Ein zweites Argument zu Gunsten der vorgetragenen Theorie liegt in der gleichmäßigen Bewegungs=Richtung der Planeten von Westen nach Osten; ein drittes in ihrer gleichmäßig nach dem Centrum hin zunehmenden Bewegungsgeschwindigkeit. Der Uranus durchläuft in seiner Bahn in jeder Secunde etwa 1 Meile, der Saturn 1,3 Meile, der Jupiter 1,7, die sämmtlichen kleineren Planeten 2,5—2,7, die Erde 4,7, die Venus 4,9 und der Merkur 6,7 Meilen. Einen vierten Beweis findet man endlich in der, der zunehmenden Massenverdichtung des Urgasballs ziemlich entsprechenden Zunahme der Dichtigkeit oder des specifischen Gewichtes der einzelnen Planeten von den fernsten an bis zum Merkur hin. Auch diese ist jedoch keineswegs eine ganz geregelte. Die mit Hülfe des Pendels oder der Drehwaage ermittelte und aus der Bewegungsgeschwindigkeit und Größe der einzelnen Planeten berechnete relative Dichtigkeit derselben beträgt

für den Merkur	1,23
„ die Venus	0,94
„ „ Erde	1,00
„ den Mars	0,95
„ „ Jupiter	0,24
„ „ Saturn	0,14
„ „ Uranus	0,17
„ „ Neptun	0,23 **)

Das Gewicht der Sonne selbst ist zu 0,252 (das der Erde = 1,000 gesetzt) berechnet. Humboldt ordnet darnach die Planeten und die Sonne in Bezug auf ihre Dichte in folgender Weise: Saturn, Uranus, Neptun, Jupiter, Sonne, Venus, Mars, Erde, Merkur — und weist damit allerdings nach, daß die Newton'sche Annahme: die Dich=

*) Vgl. v. Humboldt Kosmos. III. pag. 441.

**) S. Humboldt Kosmos. III. pag. 446.

tigkeit der Planeten sei deren Abständen proportional, keineswegs zutreffe. Die größere Leichtigkeit der entfernten und die größere Dichtigkeit der der Sonne am nächsten kreisenden Planeten darf aber dennoch vielleicht als eine Stütze der obigen Theorie betrachtet werden. Ungleiche Vertheilung der Dunstmassen selbst, daraus folgende Ungleichheiten in der Ablösung der einzelnen Ringe, Störungen des Bildungsprocesses durch andere Weltkörper u. s. w. machen es wohl einleuchtend, daß keiner der aufgeführten Beweise mathematisch genau sein kann.

Der jetzt noch am Saturn zu beobachtende Doppelring giebt der Theorie eine letzte wesentliche Stütze, um so wesentlicher als der Saturn der specifisch leichteste der Planeten ist und somit die Ablösung eines Ringes von ihm noch in jüngerer Zeit keine ganz unwahrscheinliche Annahme ist. Laplace sagt selbst bei Aufstellung seiner Hypothese: „La distribution régulière de la masse des anneaux de Saturne, autour de son centre et dans le plan de son équateur, résulte naturellement de cette hypothese et sans elle devient inexplicable: ces anneaux me paraissent être des preuves toujours subsistantes de l'extension primitive de l'atmosphère de Saturne de de ses retraites successives.“

Als eines oft angeführten Wahrscheinlichkeitsgrundes der Weltbildungstheorie von Laplace wollen wir auch noch der Versuche des Professors Plateau in Genf gedenken. Wir entnehmen in Betreff dieses der von C. Vogt aus dem Englischen übersetzten „Natürlichen Geschichte der Schöpfung. 1851.“ p. 14 Folgendes: „Herrn Plateau ist es bis zu einem beachtenswerthen Grade gelungen, die Weltbildungstheorie Laplace's einer Experimentalverification, wie wir es nennen mögen, zu unterwerfen. Der technischen Ausdrücke entkleidet, besteht sein Experiment etwa in Folgendem: Gießet man zu einer in einem gläsernen Gefäß befindlichen Mischung von Wasser und Weingeist eine geringe Quantität Olivenöl, welches genau die Dichtigkeit der erwähnten Mischung besitzt, so hat man in der letzteren eine von den Wirkungen der Schwere befreite, flüssige Masse, der es frei steht, diejenige äußere Form anzunehmen, welche ihr die auf sie einwirkenden Kräfte aufdrücken. Und in der That nimmt das Oel nach dem Gesetz der molekularen Anziehungskraft sogleich eine kugelförmige Gestalt an. Bringen wir in

jenes Gefäß eine senkrechte Achse, die mit einer kleinen Scheibe in der Mitte versehen ist und so gestellt wird, daß ihr Mittelpunkt dem Mittelpunkt der Oelkugel entspricht, und drehen wir alsdann die Achse, so setzen wir dadurch die Oelkugel in Bewegung und sehen dann sogleich, wie die Kugel nach den Polen hin sich abplattet und nach dem Aequator hin anschwillt. Man bringt in dieser Weise eine Wirkung im Kleinen hervor, von der man annimmt, daß sie ehedem auch bei den Planeten stattfand. Die kugelformenden Kräfte sind von verschiedener Art; beim Oel ist es die Molecularattraction, bei den Planeten die allgemeine Attraction; die Resultate sind jedoch gleich. Beschleunigung der Umdrehung vermehrt die Abplattung. Wird die Bewegung so schnell, daß drei Umdrehungen auf die Sekunde kommen, so erreicht die flüssige Masse das Maximum der Plattheit; sie wird um die Achse herum oben und unten hohl, und während sie sich immer mehr in horizontaler Richtung ausdehnt, trennt sie sich endlich von der Scheibe los und nimmt die Gestalt eines regelmäßigen Ringes an. Anfangs bleibt derselbe noch durch ein dünnes Oelhäutchen mit der Scheibe verbunden, das aber, sobald die Scheibe still steht, zerreißt, wodurch dann der Ring vollkommen frei wird. Die einzige bemerkbare Unähnlichkeit zwischen diesem und dem Saturnusring ist, daß dieser rund statt platt ist, eine Abweichung, die indessen von dem gelehrten Professor in genügender Weise erklärt wird."

„Kurz nach dem Aufhören der Kreiselbewegung der Scheibe verliert auch der Oelring seine Bewegung und rinnt wieder in Kugelform zusammen. Wird indessen eine kleinere Scheibe angewendet und mittelst derselben die Umdrehung nach der Lostrennung des Ringes fortgesetzt, so wird die Kreisbewegung und Centrifugalkraft auch in der Weingeistflüssigkeit erzeugt und der Ring — hiedurch gehindert, seine Kugelform anzunehmen — theilt sich in mehre gesonderte Massen, deren jede sogleich die Kugelgestalt annimmt. Diese nehmen im Moment ihrer Bildung fast immer eine fortrollende Bewegung um sich selber an, eine Bewegung, welche beständig die Richtung hat, die der Ring verfolgte. Da überdies der Ring im Augenblick seines Auseinanderbrechens einen Rest von Schwungkraft besaß, so streben die Kugeln, welche aus ihm entstanden sind (in der Richtung der Tangente ihrer

Bahn) davon zu fliehen. Da aber auch andrerseits die im Weingeist sich bewegende Scheibe diesem eine Kreisbewegung mitgetheilt hat, so werden die Kugeln hauptsächlich durch diese letztere Bewegung fortgetrieben und rollen eine Zeit lang um die Scheibe herum. Die, welche sich zu gleicher Zeit um sich selber drehen, gewähren uns alsdann das interessante Schauspiel von Planeten, die sich zu gleicher Zeit um sich selbst und in ihrer Laufbahn bewegen. — — Das Experiment liefert, wie man sieht, ein Miniaturbild der von Laplace angenommenen Bildung der Planeten durch das Zerbersten des kosmischen Ringes in Folge der Verdichtung der Sonnenatmosphäre. Das Licht, welches hiedurch im Allgemeinen auf die Laplace'sche Weltbildungstheorie geworfen wird, genügt, um jener Hypothese eine große Wahrscheinlichkeit zu verleihen."

Gehen wir nun von der Betrachtung der Entstehung unseres Sonnensystems „des Gebietes eines einzelnen Fixsternes unter den Millionen derer, welche uns das Fernrohr an dem Firmamente offenbart," zu der nähern Untersuchung desjenigen seiner Planeten über, welchen wir bewohnen, so war, wie schon erwähnt, auch dieser in seinem Urzustande ein ungeheurer Ball dunstförmigen Stoffes, mit einem Durchmesser von mindestens 103,000 geographischen Meilen. Nach der Ablösung jenes Ringes von seiner Peripherie, aus welchem wir den Mond entstanden wähnen, schritt die Verdichtung der noch chaotisch gemischten, gasförmigen Elemente fort und fort. In Folge der dadurch freiwerdenden Wärme gerieth der Ball in Gluth, bis endlich durch allmählige Abkühlung, d. h. Wärmeausstrahlung in den Weltraum hinaus, „dessen Temperatur wahrscheinlich unter dem Gefrierpunkt des Quecksilbers (— 39° R.) ist," eine erste festere Kruste um denselben herum sich bildete.

Daß unsre Erde von Anfang an einen feurigen Kern hatte und noch heutigen Tages hat, schließen wir mit Wahrscheinlichkeit zunächst aus der Thatsache, daß mit je 92 Pariser Fuß, die wir tiefer in die Erde hinabsteigen, die Temperatur um 1° Celsius zunimmt; wir schließen es ferner aus den noch heutigen Tages vorkommenden Auswürfen glühender Massen aus den Vulkanen, wie aus der Temperatur der heißen Quellen; wir schließen es endlich aus dem Analogon, welches

uns die Betrachtung der Cometen an die Hand giebt, in denen sich der feurige Kern zur dunstförmigen, ihn umhüllenden Masse verhält, wie das feurige Centrum der Erdkugel zu dessen einst ebenfalls dunstförmiger, nach und nach aber zusammengeballter, die Erdrinde bildender Peripherie. —

Wir lassen es dahin gestellt sein, ob zu jener Zeit das Innere der Erdkugel nur aus metallischen Dünsten oder schon aus festern Metallmassen bestand; auch heutigen Tages hat man über die Beschaffenheit des Kerns unserer Erde nur unbestimmte Vermuthungen. Gewiß ist es jedoch, daß dieser Kern, ebenso wie die ganze Erdmasse zu einer gewissen Zeit dehnbar, der Centrifugalkraft nachgebend, tropfbar-flüssig oder weich-breiig sein mußte, denn sonst hätte die Erdkugel sich an den Polen nicht derartig abflachen können, daß ihr Durchmesser jetzt zwischen den Polen $5^3/_5$ geographische Meilen kürzer ist, als der Durchmesser des Aequators, dessen Länge $1738^3/_5$ geographische Meilen beträgt. Auch dasjenige, was wir oben als „festere Kruste" des ursprünglichen Erdballs bezeichneten, haben wir uns zunächst nur als eine breiig-weiche glühende Masse zu denken, die von einer mit vielen chaotisch gemischten Elementen geschwängerten Gashülle umgeben war. Hunderttausende von Jahren mochten erforderlich sein, ehe die Abkühlung jener Masse so weit fortgeschritten war, daß von einer in Wahrheit festern und selbst harten Erdrinde die Rede sein konnte; hunderttausende von Jahren müssen darüber vergangen sein, ehe sich die noch in Dunstform den schon dichteren Erdkern umkreisenden Stoffe auf denselben niederschlugen, ehe sich aus den Elementarstoffen diejenigen Verbindungen hervorbilden konnten, welche wir noch heutigen Tages als die Grundmassen, gewissermaßen als Grundsteine der Erdrinde zu betrachten haben. Wie uns bei Betrachtung der Himmelskörper für den Raum, wie bei der Betrachtung des kleinsten thierischen Lebens, der Infusorien-Welt, für die Zahl, so fehlt uns hier für die Zeit der Begriff. Was wir nach dem Ergebniß bestimmter Messungen und Berechnungen schließend in wenigen Worten zusammenfassen ist das vermuthliche Ergebniß schöpferischer Bildungsacte, die sich über mehr als hundert Millionen von Jahren erstreckt haben mögen.

Nicht ohne Grund dürfen wir die Ansicht hegen, daß in der ersten Zeit des Daseins eines isolirten Erd-Gas-Balls die denselben bildenden Elementarstoffe noch eine so bedeutende Ausdehnung besaßen, so fein vertheilt waren, daß die Kraft ihrer chemischen Verwandtschaft nicht zur Geltung kommen konnte. Erst mit der allmählig zunehmenden Verdichtung der Stoffe, begünstigt durch die derselben entspringende Wärme begannen einzelne Elementarstoffe eine Verbindung unter einander einzugehen und da war es wohl ohne Frage zunächst der Sauerstoff, welcher, in einer ungeheuren Menge vorhanden, seine Eigenschaft, sich mit andern Elementen zu Oxyden zu verbinden, geltend machte. So entstanden die Kieselerde oder Kieselsäure ($Si\,O_3$), die Thonerde ($Al_2\,O_3$), die Kalkerde ($Ca\,O$), das Natron ($Na\,O$), das Kali ($Ka\,O$) u. s. w., Verbindungen, von denen wir annehmen müssen, daß auch sie sich sämmtlich Anfangs in tropfbar-flüssigem Zustande befanden. In diesem senkten sie sich sodann aus dem Dunstraume auf gegen Kern der Erde nieder und wurden Bestandtheile der denselben umhüllenden feurig-flüssigen Schlackenrinde.

Wie an dem Erdball heutigen Tages ein innerer, unbekannter, zum Theil aber sicher feurig-flüssiger Kern, eine feste und zum Theil tropfbar-flüssige Rinde, die die Dicke von $1/_{524}$ des Erdhalbmessers oder $1\,^7/_{10}$ Meile nicht übersteigt, und ein sie umhüllender Gasraum, unsere Atmosphäre, von etwa einer geographischen Meile Höhe zu unterscheiden ist, so gelangen wir also auch in der Entwicklungsgeschichte des Erdkörpers zunächst zu der Vorstellung dreier verschiedener concentrischer Abschnitte des Erdballs. Was aber jetzt mehr oder weniger licht und klar, was harter Fels und Boden, war damals noch dichte Dunstmasse oder feurig-flüssige Schlacke. Untersuchen wir denn weiter, wie sich die Atmosphäre klärte und die Schlacke zur felsigen Erdrinde erhärtete.

Nicht unwahrscheinlich ist es, daß der tropfbar-flüssige Mantel des glühenden Erdkerns theils in Folge der Attraction von Sonne und Mond, theils in Folge ungleicher Temperaturvertheilung, wenn auch nur langsam, immerhin für die Abkühlung der Massen doch wesentliche Strömungen, Zustände von Ebbe und Fluth erfuhr. Wie wir noch heutigen Tages in dem flüssigen Elemente unserer Erde Ebbe und Fluth

und große oceanische Strömungen beobachten, deren Richtungen von der Aequatorialgegend bis zu hohen nördlichen und südlichen Breitegraden und von diesen wieder in die Aequatorialgegenden zurück wesentlich auf die Temperatur des Meerwassers und der über ihm ruhenden Luftschichten einwirken, also mochten auch damals in den feurig-flüssigen Schlacken Hebungen, Senkungen und Strömungen vorkommen, die der Abkühlung der Massen wesentlichen Vorschub leisteten. Es mußte aber endlich auch ein Zeitpunkt eintreten, wo eine jeder weitern Bewegung hinderliche Erhärtung einzelner Massen erfolgte; es bildete sich eine feste Erdkruste, und vielleicht in der Aequatorialzone entstand die erste Massenanhäufung, die erste harte Oberfläche. Welche Elementarstoffe diesen Mantel der Erde und die unmittelbar unter demselben gelagerten Massen bildeten, darüber giebt uns die Geognosie Aufschluß. Es sind die sog. plutonischen (aus Feuer hervorgegangenen) oder Massen-Gesteine, die abnormen oder ungeschichteten Gesteine, wie sie hie und da auch genannt werden, „die Eruptions-Gesteine, aus dem Innern der Erde, vulkanisch geschmolzen oder in weichem, mehr oder minder zähem Zustande plutonisch ausgebrochen," wie sie v. Humboldt nennt, um welche es sich hier handelt. Einfache binäre Verbindungen von Elementarstoffen bilden ihre Grundlage.

In den chemischen Gemengen, welche diese Massengesteine bilden, herrscht insonderheit die Kieselerde ($Si\,O_3$), gewöhnlich Quarz genannt, vor; sie soll etwa 70 Proc. derselben ausmachen; ihr folgt in der Menge die Thonerde ($Al_2\,O_3$) zu circa 16 Proc., ihr das Kali (5—6 Proc.), das Natron (circa 3 Proc.) und endlich die Talk- (Magnesia-) und Kalkerde, das Eisenoxyd u. s. w. Je schwerer die Metalle, desto tiefer senkten sie sich in der feurig-flüssigen Masse nach unten; wir finden deshalb die schwersten Metalle auch jetzt noch vorzugsweise in der größten Tiefe oder in vulkanischen Produkten. Es blieb aber bei den einfachen, binären Verbindungen nicht stehen; es entstanden vielmehr Verbindungen zweiter Ordnung, kieselsaure Salze, in denen also die Kieselsäure die Rolle der Säure, irgend welche Metalloxyde aber die Basis bildeten, Verbindungen, die unter dem Namen der Silicate bekannt sind. Es mußten diese Silicate in der damaligen Form wahre Glasflüsse sein. Unser gebräuchliches Glas besteht bekanntlich aus kie-

selsaurem Kali mit kieselsaurem Kalk; die die Erdkruste bildenden Silicate waren Verbindungen von den gleichen Salzen, nur mit dem Unterschiede, daß der Kalk oder statt seiner die Thonerde das Kali hier bei Weitem an Menge übertraf. Durch Beimischung verschiedener anderer Metalloxyde wurde diesen Glasflüssen dann, ganz wie noch heutigen Tages bei der Glasfabrikation, eine verschiedene Färbung gegeben; durch Eisenoxydul die grüne, durch Kupferoxydul die rothe, durch Kobaltoxydul die blaue, durch Silberoxyd die gelbe, durch weniger oder mehr Eisenoxyd die braune oder schwarze. Aus Verbindungen zweiter Ordnung gingen weiter Verbindungen dritter Ordnung hervor; kieselsaures Kali und kieselsaure Thonerde bildeten z. B. den sog. Orthoklas oder Feldspath, kieselsaure Kalkerde und kieselsaure Talkerde die Hornblende u. s. w., u. s. w. — Damit waren denn diejenigen Verbindungen gegeben, die die Masse der plutonischen Bildungen zusammensetzten. —

Machen wir uns die Zusammensetzung der wichtigsten unter diesen klar, so bildet zunächst der Granit eine Verbindung von reiner Kieselerde (Quarz), Feldspath und Glimmer. Beide letztere bestehen aus kieselsaurer Thonerde und kieselsaurem Kali; der Glimmer enthält aber 3—4mal so viel Thonerde und $^1/_3$ mehr Kieselerde, als der Feldspath. Dem Feldspath ähnlich ist der Albit und Oligoklas, die aus kieselsaurer Thonerde und kieselsaurem Natron bestehen; ebenso der Labrador, der aus kieselsaurer Thonerde und kieselsaurem Kalk zusammengesetzt ist.

Der Syenit besteht aus Feldspath und Hornblende, theils allein, theils noch mit Quarz oder Glimmer verbunden. Die Hornblende ist aber ein Doppelsalz, eine Verbindung dritter Ordnung, bestehend aus kieselsaurem Kalk und kieselsaurer Magnesia; ihre schwarz-grünliche Farbe verdankt sie einem ansehnlichen Gehalt an Eisenoxydul. Sie findet sich auch im Grünstein und Diorit. Der Grünstein (auch Trapp oder Diabas genannt) besteht im Wesentlichen aus Amphibol (Augit und schillernder oder Schillerquarz) und Felsit (nicht crystallisirter Feldspath); der Augit besteht hauptsächlich aus kieselsaurer Magnesia mit etwas kieselsaurem Kalk oder auch Eisenoxyd. Die Grünsteine kommen nur in kleinen Massen vor und bilden den großen Granitblöcken

gegenüber nur kleine Felskuppen oder vielfach verzweigte Gänge im Gebiet des Granits, der Schiefersteine und der Grauwacke. Als besondere Arten sind namentlich bekannt der Diorit (Hornblende und Albit), — sobald er ein schieferiges Gefüge zeigt, Dioritschiefer genannt —, und der Serpentin, der hauptsächlich aus Kieselsäure mit Magnesia und Eisenoxydul besteht. Zu den Serpentinen gehört der bekannte Meerschaum, der Speckstein und Seifenstein. —

Der Porphyr bildet eine dichte Felsitmasse mit einzelnen Krystallen von Feldspath, Quarz, Hornblende u. s. w. Besondere Arten desselben sind der gelbe oder rothe Quarzporphyr, der Glimmerporphyr, der Syenitporphyr. Er hat meistens ein geflecktes Ansehen und man nennt deshalb manche andere Gesteinmassen, die durch eingesprengte Krystalle ein solches geflecktes Ansehen bekommen: porphyrartig; so spricht man von Granitporphyren, Dioritporphyren u. s. w. Befinden sich in den Gesteinmassen aber größere Blasenräume, die nicht selten mit schönen Quarz-Krystallen ausgefüllt sind, so nennt man sie mandelartig, die Ausfüllungen der Hohlräume selbst heißen die Mandeln.

Der Melaphyr ist ein undeutliches schwärzliches Gemenge von Augit und Labradorfeldspath, oft durch einzelne Krystalle von Labrador und Augit porphyrartig; er enthält niemals Quarz. Eine besonders interessante Art des Melaphyrs ist der Mandelstein, der in seinen Blasenräumen Kalkspath, Chalcedon, Achat, Quarz, Zeolith u. s. w. enthält.

Hypersthenfels ist gebildet durch ein körniges Gemenge von Hypersthen (eine Art Augit) und Labrador.

Unter dem Granit und der Mehrzahl der genannten Verbindungen liegen wahrscheinlich die an Metalloxyden reicheren und deshalb schwerern Silicate, die Basalte und Laven, welche Augit und Olivin (kieselsaure Magnesia mit kieselsaurem Eisenoxydul) enthalten. Der Basalt, von dem wir schon jetzt bemerken wollen, daß er erst später emporgeworfen wurde, als die meisten Massengesteine, so daß er nicht nur diese, sondern auch Sedimentgesteine (s. u.) bis zur Molasse hin durchsetzt, ist ein meistens undeutliches Gemenge von Augit und Feldspath, in der Regel mit Olivin und Magneteisen vermischt. Eine Abart, der Dolerit, ist ein deutlich gemengter Basalt, in dem man namentlich

Augit und Feldspath unterscheiden kann; der basaltische Mandelstein hat Blasenräume, in welchem besonders Zeolithe (s. g. Kochsteine, die sämmtlich Wasser enthalten, welches beim Erhitzen derselben zischend entweicht und deren Hauptbestandtheile Kieselerde und Thonerde sind) vorkommen. Andere Abarten von größerer Verbreitung sind der Phonolith (Klingstein, wegen seines Klanges beim Anschlagen mit einem Hammer) und der Trachyt. Der Phonolith besteht hauptsächlich aus Felsit und Natrolith (natronhaltiger Zeolith); der fast stets porphyrartige Trachyt bildet ein undeutliches und unbestimmtes, meist etwas körniges Gemenge, in welchem Felsit vorwaltet. —

Die Lava ist ein undeutliches Gemenge aus Augit und Felsit oft mit Leucit (eine Art Albit) und Magneteisen vermischt.

In der Aufführung und Bezeichnung der sich erst allmählig bildenden und die verschiedenartigsten Hebungen und Umwälzungen erfahrenden plutonischen Massengesteine haben wir hier etwas vorgegriffen, um insonderheit die Einfachheit ihrer wesentlichen Zusammensetzung aus verhältnißmäßig wenigen Elementarstoffen sogleich darzuthun. Fast keinem jener Silicate fehlt die kieselsaure Thonerde; die mit ihr verbundenen Salze sind meistens kieselsaure Alkalien, kieselsaure Erden oder kieselsaure Metalloxyde. Um aber einen Begriff davon zu geben, wie viele Tausende von Jahren vergehen mußten, ehe sich die feurig-flüssige Schlackenrinde des Erdballs bis zur Erhärtung des Silicatenmantels abgekühlt hatte, wollen wir nicht unerwähnt lassen, daß erst bei einer Temperatur von 1600° R. alle Silicate tropfbar flüssig sind und die meisten derselben erst bei einer solchen von 160° R. erstarren, die Temperatur der Erdrinde also bis zur Festwerdung derselben eine Abnahme um etwa 1400° R. erfahren mußte. Nach den Untersuchungen und Berechnungen des Prof. Bischoff in Bonn mit einer künstlich geschmolzenen Basaltkugel von 2 Fuß Durchmesser muß seit jenem ersten feurig-flüssigen Zustande der Erdrinde bis zu ihrer jetzigen Beschaffenheit ein Zeitraum von 353 Millionen Jahren verflossen sein, und zwischen jener Zeit, wo über die ganze Erde noch ein tropisches Clima verbreitet war, und der unsrigen ein Zeitraum von etwa 1,300000 Jahren liegen.

Auch noch jener prachtvollen, zu Schmucksachen vielfach verwen-

deten, kostbaren Krystalle, welche sich in den plutonischen Gesteinmassen eingeschlossen finden, wollen wir hier in Kürze gedenken. Ueber die Entstehung derselben weiß man zwar nur zum Theil etwas Bestimmteres anzugeben, ihre stoffliche Beschaffenheit ist dagegen desto genauer bekannt. Wir sind überrascht zu hören, daß diese prachtvollen Edelsteine, an deren Glanz und Farbe wir uns erfreuen, dem Wesentlichen nach nur wieder aus Quarz oder Thonerde bestehen, und ihre Farben nur durch Beimischung seltener vorkommender Metalloxyde erhalten. Im Granit kommen namentlich die Thonerde-Krystalle vor; die Korunde, Saphire und Rubine, welche aus reiner Thonerde bestehen, der Turmalin, aus kieselsaurer Thonerde und Borsäure gebildet, der Granat, Topas und Smaragd ebenfalls aus kieselsaurer Thonerde, in Verbindung mit verschiedenen seltenern Metalloxyden, bestehend. In den porphyrartigen Gesteinmassen und insonderheit in den s. g. Mandelsteinen kommen dagegen namentlich die Quarz-Krystalle vor: der Bergkrystall, welcher aus reiner Kieselerde besteht, der Amethyst, aus Kieselerde mit etwas Manganoxydul gebildet, der Chalcedon (mit rother oder gelber Farbe als Carneol, mit grüner als Chrysopras), ebenfalls aus Kieselerde und verschiedenen Metalloxyden gebildet, der Jaspis, aus Kieselerde, Thonerde und Eisenoxyd zusammengesetzt, und der Achat, meistens aus einem Gemenge von Amethyst, Chalcedon und Jaspis bestehend. Auch der Opal gehört zu den Quarzen; er ist aber nicht krystallinisch, dagegen wasserhaltig; von seinem eigenthümlichen Schillern in verschiedenen Farben hat man bekanntlich den Ausdruck des „Opalisirens" entlehnt.

Doch fahren wir im Verfolge der Entwicklungsgeschichte unseres Planeten fort. Wir sind angelangt bei jenem Zeitpunkt, wo das feurigflüssige Innere der Erdkugel von einem verhältnißmäßig nur noch dünnen, aber doch starren, festen Mantel umschlossen war; wir haben die uns jetzt als Granit, Syenit, Grünsteine, Porphyre u. s. w. bekannten Gesteine als die wesentlichsten Bestandtheile dieses s. g. Silicatenmantels kennen gelernt. Blieb die erste Hülle schon für immer geschlossen? Blieb sie schon eine dauernd unnachgiebige Fessel für die in ihr verborgenen feurig-flüssigen Massen? Die äußere Gestaltung der plutonischen oder Massengesteine, ihre Lagerungsverhältnisse zu den alsbald zu er-

wähnenden Sediment- oder Schichtgesteinen, die noch heutigen Tages vorkommenden vulkanischen Ausbrüche des Erdinnern ferner lehren uns, daß dem nicht so war und sein konnte.

Die in ihrem Umfange festgewordene Kugel strahlte fort und fort Wärme in den Weltraum aus. In Folge dieser Abkühlung, in Folge einer dadurch bedingten und zwar ungleichen Zusammenziehung der schon erstarrten Massen entstanden Risse in dem Mantel. Dem gepreßten, feurigen Inhalt der Kugel wurde damit ein Ausweg dargeboten; in glühendem Flusse quoll er aus jenen hervor. Neue Abkühlung der jüngst hervorgeschobenen Massen, neue Risse des Mantels, neue Eruptionen erfolgten, bis endlich die Kruste des Erdballs, stärker und stärker geworden, dem wilden Andrange des feurigen Inhaltes mehr und mehr Widerstand entgegensetzte und verhältnißmäßig nur selten größere Eruptionen erfolgten. Finden wir noch heutigen Tages den Basalt oder Trachyt als schwarze Massen, oder die Porphyre als heller gefärbte die Granite durchsetzend, so kennen wir jetzt den Ursprung dieser Verhältnisse; und war bei dem Hervorbrechen des feurigen Inhalts die durchbrochene Erdkruste selbst schon hart und unnachgiebig, so mußten auch die Ränder der Spalten durch die hervordringenden Massen gehoben werden; kuppenförmig breiteten sich hier und dort die feurigen Flüsse auf ihnen aus. So entstanden denn zuerst Berg und Thal, Höhen und Tiefen, die das Fundament der nun weiterhin erfolgenden Bildungen abgeben sollten; nicht etwa auf dieser erst entstandenen Kruste des Erdballs lebt das jetzige Geschlecht, in den ihrer Bildung folgenden Millionen von Jahren wurden vielmehr neue und wieder neue Massen, gleich Gewändern auf den nackten Körper, auf ihr abgelagert, Massen, deren Ursprung und Gestaltungsprozeß wir sogleich kennen lernen werden.

Von einer geregelten Lagerung, einem bestimmten gegenseitigen Verhältniß kann bei all diesen plutonischen Gesteinsmassen nicht die Rede sein. Sie heißen deßhalb auch die abnormen, die ungeschichteten; sie geben Zeugniß von dem wilden Sturm der Kräfte, die zu ihrer Bildung beitrugen. Die heutigen Tages erfolgenden vulkanischen Ausbrüche geben, wenn auch nur im Kleinen, doch ein deutliches Bild der damaligen im größten Maaßstabe stattgefunden habenden Vorgänge. Und nicht daß dieselben zur Zeit der fast gänzlichen Erstarrung der schon

beträchtlich verdichteten Erdkruste plötzlich eine den heutigen vulkanischen Erscheinungen ähnliche Einschränkung erfuhren; die Beschaffenheit vieler hoher Bergkuppen, das Vorkommen von Versteinerungen pflanzlicher oder thierischer Organismen, von sedimentären Gesteinsbildungen auf ihnen legt Zeugniß dafür ab, daß die inneren Erdkräfte nie und nimmer bis auf den heutigen Tag hin ruheten, sondern auch dann noch mit furchtbarer Gewalt auf die innere Fläche der Erdkruste wirkten, als dieselbe schon von mächtigen, aus dem Wasser niedergeschlagenen Erdschichten bedeckt war. Nicht damals schon entstanden jene 24 bis 26000 Fuß über dem Meeresspiegel hervorragenden Spitzen des Himalaya-Gebirges oder der Cordilleren von Süd-Amerika; sie verdanken ihre Höhe vielmehr allmähligen, im Laufe der Jahrtausende entstandenen und durch die Reaction des Erd-Innern gegen die Erdrinde entstandenen Hebungen, die um so bedeutender erscheinen mußten, wenn gleichzeitig Senkungen benachbarter Theile der Erdoberfläche damit verbunden waren.

Doch verlassen wir jetzt den in seiner Peripherie festgewordenen Erdball und wenden uns der Betrachtung der ihn in jener ersten Zeit umgebenden dunstförmigen dichten Atmosphäre wieder zu. Nicht ein Stillstand war in den Entwicklungsverhältnissen derselben eingetreten; schon während der Bildung des Silicatenmantels gingen die in ihr noch gasförmig enthaltenen, aber mehr und mehr sich verdichtenden Elemente Verbindungen mannigfacher Art ein.

Vor Allen war es wohl die Verbindung des Sauerstoffs mit dem Wasserstoff zu W a s s e r, die schon frühzeitig erfolgte. Es erfordert diese Verbindung bekanntlich einen hohen Grad von Wärme, und sie fand also höchst wahrscheinlich auch bald nach Erstarrung des Silicatenmantels Statt. Aber das Wasser senkte sich noch nicht sogleich in tropfbar-flüssiger Form auf denselben nieder; durch seine Hitze in Dampf verwandelt füllte es in dieser Form die Atmosphäre. Erst bei Abnahme der Temperatur der Erdkruste vermochte es sich zu verdichten, ein Vorgang, welchen der hohe Druck der damaligen Atmosphäre nicht unwesentlich förderte und früher eintreten lassen mußte, als es unter heutigen Umständen der Fall gewesen sein würde; erst in dieser Form konnte es die Tiefen des Erdmantels als Wasser erfüllen. So bildete sich denn

der erste Anfang des Meeres, eines Meeres, welches sich die Phantasie als ein sprudelndes und kochendes zu denken hat.

Gleichzeitig mit dem Wasserstoff verbanden sich in dem die Erde umhüllenden Dunstraum aber auch andere Elemente mit dem Sauerstoff; so der Kohlenstoff, der Stickstoff, der Schwefel, der Phosphor u. s. w. Es entstanden in dieser Weise saure Oxyde oder Säuren: Kohlensäure, Salpetersäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure u. s. w. Dem Wasserdunst verbunden und selbst zum Theil noch gasförmig blieben auch sie wohl Anfangs noch Bestandtheile der Atmosphäre; allmählig aber, mit Ausnahme der Kohlensäure, in tropfbar-flüssiger Form niederfallend mischten sie sich auch dem Wasser des Urmeers bei, gaben demselben eine saure Reaction und trugen in dieser Weise wesentlich zu der Einwirkung des Urmeers auf den Silicatenmantel bei. Diese Einwirkung führte eine Verwitterung, eine Auflösung der oberflächlichsten Massengesteine herbei; die basischen Oxyde derselben, Kalk, Natron, Kali u. s. w. wurden ebenfalls Bestandtheile des Urmeeres, und indem sie sich nach chemischen Gesetzen mit den eben genannten Säuren verbanden, entstanden Salze, wie sie zum Theil noch heutigen Tages Bestandtheile des Meeres sind. Mit dem Natron des Albits bildete vielleicht die Salzsäure Kochsalz, mit dem Kali des Feldspaths und Glimmers die Schwefelsäure schwefelsaures Kali, mit dem Kalk des Labradorfeldspaths die Kohlensäure Kreide oder die Schwefelsäure Gyps u. s. w.; und wurden die chemischen Gemenge, die die plutonischen Massengesteine bildeten, in dieser Weise durch das sie bespülende Meer zerlegt, so mußte dasselbe auch nach und nach einen größern Gehalt an reiner Kieselerde (Quarz oder Sand), an kieselsaurer Thonerde oder auch an anderweitigen Verbindungen der letzteren erlangen.

So kommen wir zu dem Begriff eines mit vielen Salzen, Säuren und basischen Oxyden geschwängerten Urmeers, welches die Tiefen des Silicatenmantels erfüllte. Fort- und fortschreitende Abkühlung des letzteren ließ aber nach und nach auch in dem Meere eine größere Ruhe eintreten; die in ihm enthaltenen chemischen Verbindungen konnten dem Gesetze der Schwere folgen, sie senkten sich nieder auf den Meeresgrund, den Silicatenmantel, und erzeugten damit dann in Tausenden von Jahren jene Gesteinsmassen, welche wir, den plutonischen gegenüber,

die neptunischen, die normalen, die geschichteten oder die Sedimentgesteine nennen. Finden wir in diesen hie und da Erzlager, so darf uns auch das nicht Wunder nehmen. Die Silikate schlossen immer Metalloxyde, als Eisenoxyd, Kupferoxyd, Silberoxyd u. s. w. ein; diese Oxyde verwitterten mit jenen. Sofort aber gingen die Säuren des Wassers mit ihnen Verbindungen ein; es entstanden wieder Salze, als schwefelsaures Eisenoxyd (Eisenvitriol), schwefelsaures Kupferoxyd (Kupfervitriol) u. s. w., die, Anfangs im Wasser gelöst, später zur Abscheidung gelangten. Wurde diesen durch irgend welche Umstände der Sauerstoff wieder entzogen, so entstanden aus den schwefelsauren Salzen vielleicht Schwefelmetalle, wie z. B. der Schwefelkies oder das Schwefeleisen. Doch auf diese Verhältnisse und besonders die Entstehung der Erzlager durch allmählige Gesteinsmetamorphosen kommen wir später noch wieder zurück. —

Geschichtet nennen wir die allmählig aus dem Wasser zunächst als Schlamm niedergefallenen und später erhärteten Steinmassen. Es deutet das schon darauf hin, daß diese Massen nicht aus nur einer Schicht, aus einem sedimentären Erzeugniß bestanden, es zeigt vielmehr an, daß es sich hier um mehre Schichten handelt, und solche lehrt uns die Geologie denn auch in streng geregelter und bald mehr, bald weniger deutlich nachweisbarer Reihenfolge kennen. Die fortschreitenden geognostischen Untersuchungen haben den Nachweis geliefert, daß in Amerika dieselbe Reihenfolge der Schichten aufzufinden ist, als auf unserm Continent; wir schließen daraus auf über den ganzen Erdball verbreitete Entstehungsursachen derselben und ob sich auch diese oder jene Schicht hier stärker, dort weniger kräftig entwickelt zeigt, hier vielleicht eine Mächtigkeit von Tausenden von Fußen besitzt, dort kaum angedeutet ist, hier scharf von den benachbarten Schichten getrennt ist, dort in kaum nachweisbarer Weise in dieselbe übergeht, über die Entstehungsart derselben kann man nicht zweifelhaft sein. Sie senkten sich aus dem Meere, welches wir uns schon in einzelne Becken eingeschlossen zu denken haben, nieder, und je nach dem größern oder geringern Gehalte der Wasseransammlungen an diesen oder jenen festen Bestandtheilen oder Salzen, — Verschiedenheiten, die wir auch noch heutigen Tages in verschiedenen Meeresbecken auffinden —, mußten die Niederschläge selbst

verschieden sein hinsichtlich ihrer Mächtigkeit sowohl, als ihrer Qualität. — Aber das Innere des Erdballs ruhte, wie oben schon angedeutet, während der langen Bildungsperiode dieser Sedimentgesteine nicht; wäre dem so gewesen, so würde, wie von Humboldt sagt, „die Oberfläche unseres Planeten aus gleichförmig über einander gelagerten Schichten bestehen, die Continente würden von Pol zu Pol, unter allen Himmelsstrichen das traurig einförmige Bild der südamerikanischen Llanos oder der nordasiatischen Steppen darbieten." Die plutonischen Massengesteine wurden vielmehr durch die unterirdischen Kräfte von Zeit zu Zeit noch mächtig gehoben und diese Erhebungen und die dieselben begleitenden Erschütterungen trugen nicht nur die Gipfel der granitischen oder porphyrartigen Gesteine hoch in die Luft hinauf, sie bedingten auch Hebungen, Risse, Umstürze und Senkungen der schon gebildeten Sedimentgesteine, ein Grund, weshalb wir dieselben oft muldenförmig gestaltet finden, weshalb eine unterste Schicht neben den jüngern Schichten hie und da zu Tage liegend gefunden wird, weshalb hie und da sogar jüngere Schichten von älteren bedeckt gefunden werden. Denke man sich eine weite Fläche mit verschiedenen Schichten verschiedener Gesteinsmassen bedeckt, stelle man sich ferner vor, daß von unten herauf eine festere Gesteinsmasse mit furchtbarer Gewalt durch diese einzelnen Schichten emporgedrängt wird, so werden in der Umgebung dieses Keils die Schichten gleichzeitig eine Hebung erfahren; die unterste Schicht wird dicht an dem Keil oben zu Tage liegen, oder auch ein Umsturz der Schichten in der Weise erfolgt sein, daß eine tiefere gehobene Schicht eine höher gelegene begräbt. So findet sich bei Hohnstein in Sachsen eine granitische Eruptionsmasse über von ihr umgestürzten Sedimentgesteinen; so findet sich am Harze die von Eruptionsgestein gehobene Grauwacke über buntem Sandstein gelagert.*) Nicht aber nur in der Lagerung, der Formation im Großen, auch im Kleinen sind die Sedimentgesteine durch ihre äußere Form leicht von den plutonischen Gesteinsmassen zu unterscheiden. Sie haben im Allgemeinen eine mehr schiefrige Structur, zeigen, der Entstehung gemäß, ein blätter=

*) (S. Roßmäßler „Versteinerungen" pag. 78).

artiges, oft nur locker zusammenhängendes Gefüge und es bedarf nur der Erinnerung an den allbekannten Granit und an den allbekannten Thonschiefer, um sofort die äußere Verschiedenheit beider großen Classen von Gesteinsmassen anschaulich zu machen. —

Gehen wir nun in Kürze die einzelnen und hauptsächlichsten Schichten der Sedimentgesteine durch, so finden wir zu unterst, unmittelbar auf dem Silicatenmantel gelegen die s. g. Schiefergruppe, Gesteine, welche insonderheit durch ein schiefriges und je tiefer gelegen, desto mehr durch ein krystallinisches Gefüge ausgezeichnet sind. Es gehören hierher insonderheit der Gneiß, der Glimmerschiefer, der Thonschiefer, Chloritschiefer u. s. w. Hie und da hat man diese „krystallinischen Schiefer" wohl für oberflächlichste Theile des Silicatenmantels selbst gehalten und ihr eigenthümliches, feinkörniges, krystallinisches Gefüge aus einer verhältnißmäßig raschern Abkühlung der äußersten Oberfläche der Erdkruste erklären zu müssen geglaubt. Es ist jedoch mehr als wahrscheinlich, daß sie durch Niederschläge aus noch heißen Wassern entstanden, und zwar zu einer Zeit, wo der Silicatenmantel noch eine beträchtliche Hitze besaß. Durch diese Hitze oder auch durch neue hervordringende feurig-flüssige Massen wurden die aus dem Wasser schlammartig niedergeschlagenen und unter großem Druck erhärteten Massen in ihrer Form verändert und erlangten eben jenes eigenthümliche krystallinische Gefüge, welches wir bei höher gelegenen Sedimentschichten nicht finden. Insonderheit der Gneiß ist durch ein solches ausgezeichnet; wir werden später noch einmal darauf zurückkommen. Dem Material nach bestehen alle diese Schiefer fast durchaus aus denjenigen Verbindungen, welche den Silicatenmantel selbst bilden, und die Ansicht, daß sie nichts anderes, als die erhärteten Verwitterungsmassen desselben darstellen, wird dadurch ebenfalls wieder mehr als wahrscheinlich. Der Gneiß ist ebenso zusammengesetzt, wie der Granit, enthält aber vorwiegend Glimmer; der Glimmerschiefer ist ein deutliches Gemenge aus Glimmer und Quarz; der Chloritschiefer besteht aus kieselsaurer Thonerde nebst kieselsaurer Talkerde, und ist durch eine Beimischung von Eisenoxydul grünlich gefärbt; der Thonschiefer endlich, welcher namentlich in der Form des Dachschiefers bekannt ist, ist ein undeutliches Gemenge von Quarz, Feldspath, Glimmer und Talk. Schied sich mit der Thon-

erde vorzugsweise Kieselerde aus, so entstanden **Kieselschiefer** und **Jaspis**, wurde viel Talkerde mit abgesetzt, so entstand der **Talkschiefer**. So finden wir hier überall dieselben chemischen Verbindungen und Elementarstoffe, welche wir als Bestandtheile der plutonischen Bildungen kennen gelernt haben.

Doch steigen wir höher hinauf. Der ersten Sedimentschicht folgt die zweite; mit dem Namen der **Grauwackengruppe** wird dieselbe in der Geologie bezeichnet. Man unterscheidet einen **Grauwackenschiefer** und **Grauwackensandstein**, eine untere und eine obere Grauwacke. Ueberall bilden aber Kieselerde und Thonerde die wesentlichsten Bestandtheile; nur in den obern Lagen findet sich neben ihnen namentlich Kalk; ein rothgefärbter Sandstein bildet den Uebergang zu der dritten Schicht, der Kohlengruppe. Wie überall bei der Betrachtung der einzelnen Sedimentgesteine, so würde es uns auch hier zu weit führen, die einzelnen Bestandtheile, Lagerungen, Abtheilungen u. s. w. der Gruppe durchzugehen; wir müssen in dieser Beziehung ausführlichere geologische Werke zu Rathe ziehen. Nur das sei noch erwähnt, daß der Name der ganzen Grauwackengruppe hergenommen ist von einzelnen auf den Feldern umherliegenden grauen Sandsteinblöcken, die als „Wacken" bekannt sind.

Das waren die ersten beiden größeren Sedimentgesteinschichten, welche den Silicatenmantel deckten. Millionen von Jahren waren zu ihrer Bildung erforderlich. Die Abkühlung der durch sie selbst immer mächtiger werdenden festen Erdhülle schritt während dieser Zeit aber fort und eine gleichzeitige zunehmende Verdichtung des Wasserdampfes der Atmosphäre war eine natürliche Folge davon. Dieses Ereigniß war für die weitere Entwicklung des Erdkörpers von großer Bedeutung: Der ihn umhüllende Gasraum klärte sich mehr und mehr, er nahm mehr und mehr die Beschaffenheit der heutigen Atmosphäre an, und während früher viele Stoffe noch in Gasform in ihm enthalten waren, blieben jetzt Stickstoff, Sauerstoff, Kohlensäure und Wasserdunst, und neben ihnen vielleicht die Stickstoff-Wasserstoffverbindung, welche wir als Ammoniak kennen gelernt haben, als die wesentlichen Bestandtheile desselben allein zurück. Jetzt ward es Licht; das schon in die Welt hineinstrahlende Sonnenlicht vermochte bis auf die Oberfläche des Erdkörpers durch

die gelichtete Atmosphäre hindurch vorzudringen, und mit beredter Sprache geben uns gleichzeitig die mannigfachen Versteinerungen von Pflanzen und Thieren, die wir in der Grauwacke auffinden, Zeugniß davon, daß auch in dieser Zeit die erste Schöpfung organisirter Körper Statt hatte. In den vereinten Elementen trat allmählig eine relative Ruhe ein; die Temperatur des Gasraums sank unter 60° R.; auf den inselförmig aus dem Meer hervorragenden Punkten der sedimentären Schichten, an den Ufern des Meeres begann ein reiches thierisches und pflanzliches Leben.

Die enorme Mächtigkeit der Steinkohlenlager spricht dafür, daß den Erdball damals stellenweise ein ungeheurer Urwald mächtiger Stämme, wie wir sie heutigen Tages kaum mehr finden, schmücken mußte, denn nur in dieser Weise ist die Entstehung jener mächtigen Kohlenlager, die dem verkohlten und später versteinerten Holz ihren Ursprung verdanken, erklärlich. Denke man sich unter dem Urwalde damaliger Zeiten aber nicht einen Laubwald, wie wir ihn heutigen Tages finden. Zu jener Zeit entwickelten sich ganz andre Arten von Pflanzen zu mächtigen Stämmen, als in unsern Tagen; in diesen Arten luxuriirte die Natur, während sie andererseits noch arm war in der Mannigfaltigkeit ihrer Produkte. Es waren fast nur Farrn, Schafthalme oder Equisetaceen, Lycopodiaceen und wenige Nadelholzarten, die den Urwald bildeten, Pflanzenarten, die heutigen Tages zum Theil und in unserer Zone kaum die Höhe von einigen Fußen erreichen. Und aus der Thierwelt waren es ebenfalls nur niedere Gattungen, deren Existenz uns durch die Archive jener Urwelt nachgewiesen wird, so die der Polypen, der Strahlthiere, der Seemuscheln u. s. w. Vögel und Säugethiere gab es noch nicht; bei einer Temperatur über 40° R., in einer mit Kohlensäure überladenen Atmosphäre würden diese andauernd noch nicht haben existiren können. Auf dieses Reich der damaligen organisirten Körper, deren Aufbau die Bildung ternärer und quaternärer Verbindungen erforderte, kommen wir jedoch später zurück. Hier mußte derselben nur deshalb Erwähnung geschehen, um die weitern Umänderungen des Urmeers und des großen Gasraumes über demselben verständlich zu machen.

Wir vermutheten oben, daß das Meer ursprünglich reich an Säuren gewesen sein und deshalb eine saure Reaction besessen haben

möchte. Diese Reaction bot es jetzt wohl nur noch im geringen Grade dar; die meisten Säuren hatten sich mit basischen Oxyden zu Salzen verbunden und diese befanden sich, zum Theil wenigstens, in Lösung in dem Meere enthalten. Nur die Kohlensäure war in einer so reichen Menge vorhanden, daß sie als solche noch im Meerwasser existirte und dasselbe dadurch befähigte, eine große Menge von Kalkerde aufgelöst zu erhalten, eine Menge, mit der sie zu kohlensaurer Kalkerde oder Kreide später verbunden, die enormen Kreidemassen bilden konnte, die uns hie und da als Felsen entgegentreten. Und auch den die Erde umhüllenden Gasraum haben wir uns als damals überreich an Kohlensäure vorzustellen. Sie war es eben, die dem Erstehen einer mächtigen Pflanzenwelt vorzugsweise förderlich war; ihr Kohlenstoff diente derselben als das Hauptbildungsmaterial, und während dieser selbst in der Pflanze fixirt wurde, kehrte ihr Sauerstoff, wie es noch heutigen Tages geschieht, in die Atmosphäre zurück. So verblieb der Atmosphäre jenes Lebenselement der Thierwelt, der Sauerstoff, während der Stoff, welcher in Verbindung mit ihm die Luft irrespirabel für thierische Organismen machte, der Kohlenstoff, gefesselt in anderweitiger chemischer Verbindung vom Reiche der organisirten Körper zurückgehalten wurde. Erst in unserer Zeit graben wir mit den Steinkohlen den Kohlenstoff der damaligen Zeit wieder hervor und führen ihn, indem wir die Steinkohle verbrennen, in Form der Kohlensäure wieder in die Atmosphäre zurück. Damit geben wir unserer Pflanzenwelt neue Nahrung, eine Nahrung, welcher sie bedarf, wenn sie den Anforderungen der Thierwelt und der rastlos thätigen Menschheit genügen soll; wir eröffnen uns so, indem wir die Schätze vergangener Welten zur Förderung unserer Wohlfahrt und unserer Erwerbszweige verwenden, fast unbewußt eine neue Quelle unserer Existenz.

Ein endloses Bilden und Schaffen organischer Verbindungen hatte also damals auf dem Boden der Schiefer- und Grauwackengruppe Statt. Wälder von ungeheurer Mächtigkeit erstanden; das Meer belebte sich mit Tausenden von niedern Thiergattungen. Aber dieser Zustand der Erde sollte noch kein bleibender sein. Nach einer Zeit lang Ruhe erfolgte eine Reihe mächtiger Umwälzungen, deren Resultat der Untergang vielleicht der gesammten, jedenfalls aber eines großen

Theils der damaligen Pflanzen- und Thierwelt war. Ueber die Ursachen dieser Umwälzungen ist man eben so sehr im Unklaren, wie über die vulkanischen Erhebungen und Ausbrüche heutigen Tages. Die Annahme, daß das eingedrungene Wasser, in Dampf verwandelt, als furchtbar hebende Kraft eingewirkt habe, ist wenig begründet und kaum zulässig. Wie dem aber auch sei, durch mächtige unterirdische Gewalten gehoben, brach sich die feurig-flüssige Masse des Erdkerns Bahn, brach sie aus den schon vorhandenen Erdspalten hervor oder hob mit furchtbarer Kraft die schon abgesetzten neptunischen Schichten empor, um sie zu Bergen ansteigen zu lassen, oder sie geradezu zu durchbrechen. So entstanden neue Hebungen und gleichzeitig auch neue Senkungen oder Vertiefungen, in welche das Meer eindringen konnte; und in diesen eben finden wir jetzt jene mächtigen Reste urweltlicher Vegetationen, welche die schon erwähnte Steinkohlenschicht bilden. Es herrschen hier verschiedene Ansichten. Entweder verkohlte in den glühenden Laven Alles, was Holz oder Baum war und Millionen verkohlter Baumstämme mochten auf dem zischenden und sprudelnden Meere umherschwimmen; oder es bildeten sich die jetzt als Steinkohlen bekannten Massen auf nassem Wege mit Hülfe der Schwefelsäure, eine Ansicht, die nach Humboldt und Göppert (Kosmos I. pag. 468) und nach den neueren Untersuchungen über Steinkohlenbildung die wohl allein zulässige ist. Jene mächtigen Steinkohlenlager, die wir in England, in der Pfalz u. s. w. finden, waren aber sicher nicht das Ergebniß einer einzigen Vegetationsperiode. Tausende von Jahren waren vielmehr zu ihrer Bildung erforderlich. Eine neue Vegetation folgte der andern durch Wasserfluthen und Zerreißungen des Erdmantels durch plutonische Eruptionsmassen begrabenen. Und dann auch war zuverlässig die Steinkohlenbildung noch nicht sofort vollendet, das Holz unterlag vielmehr einem langsamen Oxydationsproceß und bildete so erst in langen Zeiträumen die fraglichen Massen. Doch auch darauf kommen wir unten zurück.

So also entstand die dritte Hauptschicht der Sedimentgesteine, die Steinkohlenschicht. Bis oft zu mehr als 100 Fuß Mächtigkeit entwickelt finden wir dieselbe unten von dem s. g. alten rothen Sandstein, oben von einem ebenfalls rothen Sandstein, dem s. g. Rothliegenden, begränzt; vielfach ist sie selbst durchmischt mit Kalk- und

Sandstein; Kohlenkalk oder Kohlensandstein gingen aus dieser Vermischung hervor.

Mit dem Hervordringen der Laven und ähnlicher Eruptionsmassen waren dem immer noch an Säuren reichen Meere jetzt neue Materialien zu neuen chemischen Verbindungen dargeboten. Geschwängert mit den Verwitterungsmassen der damaligen Erdoberfläche konnte das Meer von Neuem große Mengen von Schlamm absetzen; neue Schichtenbildung konnte erfolgen, und was wir als Zechsteingruppe, was wir ferner als Trias-, Jura- und Kreidegruppe bezeichnen, fand jetzt in einer wieder langen Reihe von Jahrtausenden seine Entstehung. Man faßt diese letztgenannten drei Gruppen, gegenüber den frühern Niederschlägen, als die einer zweiten Periode unter der Bezeichnung der secundären oder Flötzgebirge zusammen; andrerseits unterscheidet man in ihnen wieder die mannigfachsten Unterabtheilungen oder kleinern Schichten. So trennt man die Triasgruppe überall in die Schicht des bunten Sandsteins, des Muschelkalkes und des Keupers; so die Juragruppe in den untern schwarzen Jura oder Lias und den obern braunen oder hellen; so ferner die Kreide in den Wälderthon (Wealdbildung), Quadersandstein und die eigentliche Kreide. Doch auch darauf können wir hier nicht näher eingehen. Nur in aller Kürze sei es noch erwähnt, daß die wenig ausgedehnte Zechsteingruppe insonderheit von einem dunkeln, bituminösen Mergelschiefer mit häufigem Kupfererzgehalt gebildet wird; daß die Trias-Gruppe ihren Namen von ihren wesentlichen drei Abtheilungen: dem bunten Sandstein, dem Muschelkalk und dem Keuper, erhielt; daß der bunte Sandstein wieder von den verschiedenen Farben des Sandsteins seinen Namen trägt, der Muschelkalk von den vielen in Kalk eingeschlossenen Muscheln, der Keuper aber namentlich aus Steinsalz und Gyps (schwefelsaurem Kalk) besteht; daß die auf die Trias folgende Juragruppe sich durch vorherrschenden Gehalt an Kalk, der mit Dolomit, Mergel, Thon und Sandstein wechselt, auszeichnet und in ihren oberen Schichten meistens aus weißem, an versteinerten Korallen reichem Kalkstein besteht; daß die Kreidegruppe endlich der Hauptmasse nach eben aus kohlensaurem Kalk (Kreide) besteht, hie und da 600—900 Fuß mächtige Lager bildet und vielfach den

Feuerstein eingeschlossen enthält, der aus den Kieselpanzern von Infusorien gebildet ist.

So folgte Schicht auf Schicht; ein neuer Niederschlag aus den mit festen Verwitterungsmassen gefülltem Meere oder auch aus schon bestehenden süßen Wassern deckte den andern; Generationen auf Generationen von Pflanzen und Thieren wurden begraben; bis endlich auch hier wahrscheinlich abermals eine Reihe größerer und mächtigerer Eruptionen aus dem Erd-Innern eine neue größere Umwälzung und Veränderung der allgemeinen Verhältnisse des Erdkörpers veranlaßte. Die alte Welt wurde abermals begraben; eine neue fand abermals ihre Entstehung. Es war die Braunkohlen- oder Molassegruppe, welche als s. g. Tertiärformation zunächst aus den Resten der zerstörten Welt gebildet wurde; mächtige Lager begrabener Pflanzen und Thiere geben auch hier wieder Zeugniß von den organischen Bildungen, welche das Erdreich zu jener Zeit bewohnten. Ein grober, lockerer Sandstein, welcher in der Schweiz „Molasse" genannt wird und ein wesentlicher Bestandtheil dieser Gruppe ist, gab derselben ihren Namen; neben ihm ist sie ausgezeichnet durch einen Kalkstein mit grobem Korn, den s. g. Grobkalk, und vor Allem durch die aus den begrabenen Baumstämmen gebildete und der Steinkohle oft sehr ähnliche Braunkohle. — Und endlich folgte auch hier wieder eine Zeit größerer Ruhe; ein massenhaftes Sediment wieder sollte auch die Braunkohlengruppe begraben; aus den Verwitterungsmassen der damaligen Erdoberfläche ging diejenige Schicht hervor, welche wir als die oberste, die Diluvialschicht bezeichnen. Sie bildet in Verbindung mit dem noch fortwährend aus Flüssen und Meeren gebildeten Schlammabsätzen, dem s. g. Alluvium, einen großen Theil der heutigen festen Erdoberfläche; auf ihnen lebt und webt das heutige Geschlecht. Mächtige Bergmassen ragen hier als Denkmäler vormaliger Umwälzungen und plutonischer Erhebungen hervor; Regen und Luft bewirken jetzt an diesen, was früher das Meer bewirkte, die fortschreitende Verwitterung; aus den Producten dieser Verwitterung baut sich zum Theil unsere Dammerde auf, der wir die Producte vergangener Jahrhunderte und Jahre übergeben, damit sie den Stoff für neue Generationen liefern. Eine Generation nach der andern im Pflanzen- wie Thierreich stirbt ab, sie

kehren alle in das Reich der unorganischen Welt, aus dem sie selbst hervorgingen, zurück. Aber der Stoff ruhet nicht. Jene abgestorbenen Generationen liefern das Material für wieder neue und neue Generationen und damit werden wir hingeführt auf den ersten Begriff des Stoffkreislaufs, der in seinen tausenden von Wegen das Bestehen der jetzigen Welt bedingt. — Meeressandsteine, Kalktuffe, Rasen- und Eisenerze, Torf- und Infusorienlager sind es, die die wesentlichen Bestandtheile des Alluvialbodens bilden; aus mergeligem oder sandigem Lehme sind zum größten Theil die Diluvialschichten zusammengesetzt.

Es würde, wie schon oben erwähnt, zu weit führen, wollten wir die einzelnen sedimentären Schichten der Erdkruste nach ihrer Zusammensetzung genau schildern. Wir würden damit viele Bogen füllen müssen und ganz auf das Gebiet der Geologie und Mineralogie gerathen. Ich verweise zum weiteren Studium dieser Verhältnisse zunächst auf die gedrängte Darstellung in Schödler's „Buch der Natur," auf C. Vogt's Lehrbuch der Geologie, auf Burmeister's Schöpfungsgeschichte, auf Bronn's Lethaea geognostica u. s. w.; hier beschränke ich mich darauf, eine übersichtliche Darstellung der Reihenfolge der sedimentären Schichten zu geben, deren Festhalten leicht möglich sein und zum Verständniß folgender Vorträge genügen wird. — Was ich darzulegen beabsichtigte, ist, so hoffe ich, auch schon durch die kurzen Andeutungen dieses Vortrags erreicht: die Hervorbildung der Erde in ihrem jetzigen Zustande aus einem wilden Chaos unverbundener Elemente, die Reduction dieser sämmtlichen Vorgänge auf physikalische und chemische Gesetze, die Gewißheit endlich, daß der Erdkörper in seiner jetzigen Gestalt erst in Millionen von Jahren seine Entstehung fand und zwar nicht in einer ebenmäßig fortschreitenden Entwicklung, sondern in gewissen, durch große Revolutionen bedingten Zeitabschnitten oder Perioden.

Die Uebersicht der Reihenfolge der einzelnen Schichtgesteine würde, wenn wir von unten beginnen, folgende sein:

1. Schiefergruppe: Gneiß, Glimmerschiefer, Thonschiefer. — Urgebirge.

2. Grauwackengruppe: Untere und obere Grauwackenbildung.		Uebergangsgebirge.
3. Kohlengruppe: Rothsandstein, Steinkohlenbildung, Rothliegendes.		
4. Zechsteingruppe: Zechsteinbildung.		
5. Triasgruppe: Buntsandstein-, Muschelkalk- und Keuperbildung.		Secundäre oder Flötzgebirge.
6. Juragruppe: untere und obere Jurabildung.		
7. Kreidegruppe: Wealdbildung, Quadersandstein, Kreide.		
8. Molassegruppe: Untere Braunkohlen-, Grobkalk-, obere Braunkohlenbildung.	—	Tertiäre Gebirge.
9. Alluvium und Diluvium:		Quaternäre Gebirge. —

Die eigene Anschauung dieser verschiedenen Bildungen in unsern kleineren und größeren Museen wird besser, als alle Beschreibung, einen richtigen Begriff von denselben verschaffen; wir sehen dort bruchstückweise die Erdkruste vor unsern Augen entblättert, und Nichts vermag so sehr als diese unmittelbare Betrachtung das Interesse für die Mineralogie und weiterhin die Geologie zu beleben. Möchten in der That doch die heutigen Tages in so vielen Orten befindlichen naturhistorischen Museen eine allgemeinere und größere Theilnahme und Aufmerksamkeit erfahren! — Dem allgemeinen Ueberblick ist die schematische, bildliche Darstellung von einem Durchschnitt der Erde förderlich; wir lassen eine solche deshalb nachstehend folgen.

Wir haben in Obigem nur die ziemlich allgemein gültigen Hauptgruppen der Schichtengesteine namhaft gemacht. Die Geologen unterscheiden jedoch in jeder derselben noch wieder mannigfach verschiedene Unterabtheilungen, einige Geologen, und insonderheit die Engländer, bedienen sich auch anderer Bezeichnungen der Hauptabtheilungen und anderer Eintheilungen überhaupt. Um das Verständniß andrer Schriften,

so wie auch der folgenden Vorträge, in dieser Beziehung zu erleichtern, lassen wir nachstehend zunächst die von Sir H. de la Bèche gewählte Eintheilung, so wie sie von ihm in seiner „Vorschule der Geologie“ gegeben ist, folgen:

Geschichtete, Versteinerungen führende Gesteine in der Reihenfolge von oben nach unten.

I. Quaternäre Periode: oberflächliche Ablagerungen der jetzigen und der jüngst vergangenen Zeit über den regelmäßig geschichteten Gesteinen, Diluvium und Alluvium.

II. Tertiäre Periode:

A. Jüngere oder Pleiocene Periode.

B. Mittlere oder Meiocene,

C. Aeltere oder Eocene Tertiärperiode. *)

III. Secundäre Periode:

A. Jüngere Secundärperiode.

Kreidegruppe. Mastricht-Schichten. Obere Kreide (oberer Quadersandstein). Untere Kreide, Kreidemergel (Plänerkalk). Oberer Grünsand (unterer Quadersandstein). Gault. Unterer Grünsand (Neocomien).

B. Mittlere Secundärperiode.

Wälderthon, Hastingsand, Purbeckschichten } Wälderthongruppe. **) Eine Süßwasserbildung.

Oberer Jura, weißer Jura.

Portlandstein

*) Von dieser Schicht sagt v. Humboldt im Kosmos I, pag. 289, „daß sie den Namen der Eocen-Periode eigentlich nicht verdiene, da die Morgendämmerung der mit uns lebenden Natur viel tiefer in die Geschichte der Erde hinabreicht, als man bisher geglaubt hatte.“

**) Die Wälder- oder Weald-Gruppe hat ihren Namen von den Mooren (wealds) von Kent und Sussex, in denen sie sich findet — Die Weald- und Jura-Gruppe faßt man auch unter dem Namen der Oolithen-Gruppe zusammen; diese Bezeichnung stammt von einem hervorragenden Bestandtheile derselben, dem Oolith (Eierstein), einem Kalkstein, der aus einem Gemenge kleiner Kügelchen, die Aehnlichkeit mit einem Eierklumpen oder Fischrogen haben, besteht.

Portlandsand.

Kimmeridge-Thon.

Mittlerer Jura, brauner Jura.

Coralrag (Korallenthon).

Oxfordthon mit Kelloway.

Cornbrash.

Forestmarble und Bath-Oolith.

Fullerserde (Walkererde), Thon und Kalkstein.

Unterer Oolith.

Leias oder schwarzer Jura.

C. Aeltere Secundärperiode.

Triasgruppe.

Keuper.

Muschelkalk.

Bunter Sandstein.

IV. Primäre oder paläozoische Periode.

A. Jüngere paläozische Periode.

Zechsteingruppe. Rothliegendes	Zechsteingruppe oder Kupferschiefer-gebirge, Permisches System. *)
Oberer Kohlenschief. Steinkohlengebirge. Kohlensandstein. Kohlenkalkstein. Unt. Kohlenschiefer.	Steinkohlengruppe.

B. Mittlere poläozoische Periode.

Posidonienschiefer. Cypridinenschiefer. Orthoceratenkalk. Schaalstein. Stringocephalenkalk. Spiriferensandstein.	Jüngere Grauwackengruppe oder Uebergangsgebirge, Devonisches System. **)

---

*) Der Name „Permisches System" stammt von dem ehemaligen Permischen Reiche in Rußland, weil dort diese Schicht insonderheit mächtig entwickelt ist.

**) Der Name „Devonisches System" stammt von der Grafschaft Devon-

C. Aeltere paläozoische Periode.

Obere böhmische Schichten Ludlow- und Wenlock-Schichten.	Aeltere Grauwackengruppe oder älteres Uebergangsgebirge.	Jüngeres silurisches System.
Untere böhmische Schichten, Caradoc—Sandstein—Llandeilo—Flags.	Silurisches System. *)	Aelteres silurisches System.

Bronn theilt in seinem jetzt in der dritten Auflage erschienenen und mit Römer gemeinschaftlich bearbeiteten Werke, der „Lethaea geognostica,“ die Schichtgesteine von unten nach oben folgendermaßen ein:

I. Kohlen-Periode.

1. Untere silurische Formation.
2. Obere „ „
3. Devonische Formation.
4. Bergkalk.
5. Kohlen-Formation.
6. Todtliegendes.
7. Zechstein.

II. Salz-Periode.

8. Buntsandstein.
9. Muschelkalk.
10. St. Cassianer Formation.
11. Keuper.

III. Oolith-Periode.

12. Lias.
13. Unterer Jura.
14. Oberer Jura.
15. Wealden-Formation.

IV. Kreide-Periode.

16. Neocomien.
17. Grünsandstein.
18. Kreide.

V. Molasse-Periode.

19. Nummuliten-Gesteine.
20. Untere }
21. Mittlere } Molasse.
22. Obere }
23. Diluvialbildungen.

VI. Neue Periode.

24. Alluvium.
25. Jetzige Bildungen.

---

shire, wo diese Schicht sehr entwickelt ist. Der Posidonienschiefer hat seinen Namen von einer Muschel, der Posidonyma Becheri, die vorzugsweise und fast allein hier gefunden wird. Der Cypridinenschiefer von der hier fast allein vorkommenden Versteinerung der Cypridina; der Orthoceratenkalk von den Orthoceraten; der Stringocephalenkalk von Stringo- oder Strygocephalus Burtini, der Spiriferensandstein von den hauptsächlich in ihm gefundenen Spiriferen.

*) Nach der Gegend des westlichen Englands, wo zur Zeit der Römer die Silurier wohnten und wo diese Schicht zu Tage liegt, benannt.

Dritter Vortrag.

Die Metamorphosen der Erdrinde.

Für die Laplace'sche Theorie der Bildung unseres Sonnensystems wurden im zweiten Vortrage die hauptsächlichsten Wahrscheinlichkeitsbeweise beigebracht. Zum Schutze der vorgetragenen Theorie der Erdbildung bedarf es noch einiger weniger Bemerkungen, denn keineswegs hat sie sich schon seit langer Zeit einer allgemeinen Anerkennung zu erfreuen gehabt.

Es war ein langer Streit, „ob Wasser oder Feuer die Wiege der Erde gewesen sei." Die Einen huldigten der vorzugsweise durch den Professor Werner in Freiberg († 1817) vertheidigten neptunistischen Theorie und suchten die Bildung der gesammten Erdoberfläche als eine aus dem Wasser hervorgegangene und durch dasselbe bedingte zu erklären. Alle Gebirgsarten waren nach ihnen als Niederschläge aus den bald anschwellenden, bald zurücksinkenden Wasserfluthen zu betrachten; Thäler entstanden durch Erosionen in der Erdrinde; auf den Bergen gefundene Versteinerungen waren dort von dem Meere zurückgelassen. Die Andern wandten sich der zunächst von dem Engländer Hutton hervorgehobenen und später von Playfair, Hall und Watt vertheidigten plutonistischen Theorie zu und wollten nicht nur die sog. ungeschichteten oder Massengesteine, sondern auch viele der sog. Sedimentgesteine als aus feurigen Flüssen entstanden deuten. Die feuerflüssige Masse, so wähnte man, sei aus dem Innern der Erde hervorgedrungen und habe sich dann auf dem Boden des Meeres in horizontaler Richtung aus-

gebreitet.*) Der Streit hat jedoch sein Ende erreicht, denn ob auch einzelne der Erklärung bis dahin schwer zugängliche Formationen oder Erscheinungen in der Gestaltung der Erdoberfläche existiren, ob es auch schwer fällt über ihre Entstehung auf feurigem oder nassem Wege mit Bestimmtheit zu entscheiden, sie werden das nicht umstoßen, was durch die sich anhäufende Menge geologischer Thatsachen und Beobachtungen in immer unzweifelhafterer Weise hervortritt, was durch identische Vorgänge in der Gegenwart und vor unsern Augen zu einer wohl absoluten Gewißheit erhoben wird. Die nüchternste Anschauung wie die emsigste Forschung werden weder das Feuer, noch das Wasser allein, sie werden beide als die Bildungsmittel der Erdoberfläche anerkennen müssen. Was schon Nicolas Steno in seinem Prodromus einer Dissertation über die in den Gesteinsschichten auf natürliche Weise eingeschlossenen festen Körper im Jahre 1669, was Leibnitz in seiner Protogaea**) aus wenigen Beobachtungen mehr ahnend, als beweisend über die Bildung der Erdoberfläche niederschrieben, wird immer und für alle Zeiten die Grundzüge und leitenden Gesichtspunkte einer wissenschaftlichen Geologie enthalten. Wo man plutonische oder vulkanische Gesteinsmassen, wie in Schottland den Granit, in Deutschland bei Eisenach und an der Werra den Basalt, sedimentäre Schichtgesteine von unten nach oben durchbrechen, die letzteren aber, von der andringenden Gewalt gehoben, in verschiedene, bald mehr, bald weniger senkrechte Lagerung gebracht sieht, drängt sich nur zu unwillkürlich die Ansicht auf, daß jene Massen durch unterirdische Kräfte emporgeschoben oder in feurig-flüssigem Zustande in Gängen hervorbrechend die Wasserbildungen durchsetzt haben. Die verschiedenen Lagerungen der Schichtgesteine gegeneinander, deren sog. Streichungslinien und Einfallswinkel geben einen deutlichen Beweis für die zu verschiedenen Zeiten stattgefunden habenden Hebungen; die auf den Gipfelpunkten plutonischer Massengesteine in Bruchstücken von Sedimentgesteinen vorkommenden Versteinerungen von Seethieren, Muscheln u. s. w., die ursprünglich den tiefer liegenden Sedimentgesteinen

---

*) Ausführlicheres über diese Theorien s. in C. Vogt's Lehrbuch der Geologie, Bd. II, pag. 571 fg.

**) S. Tellkampf l. c.: „Leibnitz über die Bildung der Erdoberfläche.“

angehörten, würden dort nicht gefunden werden, wenn sie nicht bei dem Durchbruch der erstern durch die letztern mit fortgerissen und in die Wolken hinaufgetragen wären. In der Schweiz begegnet man solchen Versteinerungen 10,000 Fuß, in den Anden 12,000 Fuß *) und im Himalaya sogar 16,000 Fuß hoch über der Meeresfläche. Sollten noch Viele mit Werner der Ansicht sein, daß Wasserfluthen bis zu dieser Höhe hinaufgedrungen seien und die in ihnen lebenden Organismen dort zurückgelassen haben? — Daß ferner die Basalte in der That in feurig-flüssigem Zustande hervorbrechen, dafür sprechen die ihre Gänge umgebenden Schmelzungsprodukte sedimentärer Gesteinsmassen oder organischer Bildungen; so der geschmolzene kohlensaure Kalk (Marmor) in Irland (Belfast) oder die in Anthracit verwandelte Braunkohle bei Aussig in Böhmen (s. u.); dafür legen ferner die Kuppen, welche die Basalte über ihrer Ausbruchsöffnung als flüssige Laven bildeten, Zeugniß ab. Unsere jetzigen Vulkane, deren Erhebungen und deren feurig-flüssige Laven geben ein unzweifelhaftes Bild von den ähnlichen Vorgängen urweltlicher Zeiten. Und können wir das aus der Temperaturzunahme der Erdoberfläche von außen nach innen, so wie aus den glühenden Ergüssen der Laven mit Recht vermuthete glühende Innere der Erdkugel anders betrachten, als den Rest des einst überall und auch oberflächlich glühenden Erdballs? — Von der Bildung der Sediment- oder Flötzformationen andrerseits geben uns die Travertino-Schichten, die wir aus kalten Quell- und Flußwassern sich täglich bilden sehen „ein wenn auch nur schwaches Bild." **) Der in jenen Wässern gelöste kohlensaure Kalk (Kreide) schlägt sich, sobald sich ein Theil der Kohlensäure an der Luft verflüchtigt hat, als Sediment nieder, überzieht und incrustirt alle Gegenstände, die sich auf dem Boden befinden und bildet zunächst ein weiches, an der Luft aber alsbald erhärtendes Gestein. So entstand in der Nähe Roms z. B. in einem Sumpfe bei San Filippo innerhalb 20 Jahren eine 30 Fuß mächtige Travertinmasse. Aehnliche, vorzugsweise Kieselerde haltende Niederschläge bilden sich aus kieselhaltigen Quellen, aus den sog. Geysern auf Island. —

*) S. v. Humboldt's Ansichten der Natur. 1849, II. pag. 338.
**) S. Kosmos I, pag. 260.

Die charakteristische äußere Form der einzelnen Gesteinsmassen selbst, die massige, ungeschichtete, unregelmäßige der plutonischen und vulkanischen Bildungen, die geschichtete, meist schiefrige der Sedimentformationen birgt einen weiteren Wahrscheinlichkeitsgrund für die doppelte Entstehungsweise der Erdoberfläche in sich; die gänzliche Armuth der erstern und der von unten nach oben zunehmende Reichthum der letztern an Versteinerungen thierischer und pflanzlicher Bildungen unterstützt die Annahme derselben auf's Wesentlichste. In jener Zeit, wo die granitischen und porphyrartigen Massen aus feurig-flüssigen Schlacken erhärteten, konnten noch keine Organismen existiren; erst nach weiterer Abkühlung des Erdmantels, zu einer Zeit, wo schon Wasser von weniger als 60° R. die Tiefen füllte, konnten dieselben entstehen und die Versteinerungen selbst lassen keinen Zweifel darüber, daß sie durch allmähligen Niederschlag allmählig erhärtender Massen aus dem Wasser um die einst lebenden organischen Formen herum oder in die durch Untergang derselben entstehenden Lücken hinein entstanden. — Einer der kräftigsten Beweisgründe für das Hervorgehen der Massengesteine aus einst feurigen Flüssen wird uns endlich noch durch die Thatsache geliefert, „daß der wichtigste Theil der einfachen Mineralien, welche sehr allgemein verbreitete plutonische und vulkanische Eruptionsgesteine charakterisiren, schon krystallinisch und in vollkommner Gleichheit unter den künstlichen Mineralbildungen aufgefunden worden ist.“ In den Schlacken unserer Schmelzöfen fand man Feldspath, Glimmer, Augit, Olivin, Hornblende und krystallisirtes Eisenoxyd (Eisenglimmer); in den chemischen Laboratorien gelang es Mitscherlich, Gaudin und Berthier Idokras und Granat, Rubin, Olivin und Augit zu erzeugen.*) Schon Leibnitz sagt in seiner, von Prof. Tellkampf kürzlich wieder ans Licht gezogenen Protogaea: „daß solche Thatsachen ganz geeignet sind, unsre Muthmaßung zu rechtfertigen, daß was **wir** als ein Spiel im Kleinen treiben, von der **Natur**, welcher Berge zu Destillirapparaten, Vulcane zu Oefen dienen, in großem Maßstabe ausgeführt werde.“

So halten denn auch wir an der aufgestellten Theorie fest. Kehren

---

*) S. Kosmos I, pag. 281 nebst Anmerkungen.

**) S. Tellkampf a. a. O. pag. 17.

wir jedoch noch einmal zur Betrachtung der Erdkruste und namentlich ihrer jetzigen Beschaffenheit zurück.

Was wir oben in einem flüchtigen Umriß entworfen haben, giebt uns gewissermaßen nur ein Bild von dem Gerüst, dem Skelett der Erdrinde. Wir haben die plutonischen Massengesteine als das Material der Gebirgskerne und höchstgehobenen Bergmassen kennen gelernt und uns die zwischen ihnen liegenden Thäler, als mit den allmählig aus dem Meere niedergeschlagenen Schichtgesteinen ausgefüllt, vorgestellt. Es findet sich aber bei einer nähern geognostischen Untersuchung ein solches Verhältniß keineswegs überall so klar ausgeprägt, wie es unserer einfachen Darstellung zufolge scheinen möchte. Wir finden an der äußersten Oberfläche Bildungen, deren Vorkommen uns räthselhaft erscheint; wir finden Bergmassen und einzelne Mineralien, deren Zusammensetzung und Entstehung wir uns nach den vorhergehenden Betrachtungen noch nicht erklären können, deren Namen uns noch nicht einmal bekannt wurde; wir finden jüngst entstandene Küstenländer und fragen mit Recht, woher das Material zu denselben genommen wurde? Doch die unaufhaltsam fortschreitende Wissenschaft hat uns die Erklärung der meisten der hier in Frage stehenden Verhältnisse schon geliefert. In den Millionen von Jahren, welche seit der Entstehung der ersten festen Erdrinde verflossen sind, erlitten insonderheit die sich nach und nach bildenden Schichtgesteine bald durch die Nähe des unterirdischen Feuers oder die Hebung der Massengesteine und mächtigen Druck, bald in Folge chemischer Zersetzung und Neubildung, bald wieder in Folge des langsam schleichenden Verwitterungsprocesses durch Luft und Regen fortdauernde Veränderungen in ihrer Lagerung und Gestaltung sowohl, wie in ihrer chemischen Zusammensetzung. Was wir heutigen Tages noch in gleicher, aber kaum bemerkbarer Weise unter unsern Augen geschehen sehen, das hat im Laufe der Jahrhunderte jene mächtigen und großartigen Metamorphosen der Erdrinde erzeugt, welche uns hie und da das Gerüst derselben verdecken oder dasselbe in seiner Regelmäßigkeit zerstört haben. Auch der Fels hat keine ewige Dauer; wie alle organischen Bildungen so unterliegt auch er dem Zahne der Zeit, und sein Material dient dem Aufbau neuer Länder oder der Herstellung neuer unorganischer oder organischer Verbindungen. Auch im Reiche

der unorganisirten Körper ist es erlaubt, von einem Entstehen und Vergehen, von einem Wachsen *) und Abnehmen zu reden.

Die Mineralien, welche in Folge dieser Metamorphosen sich bildeten, faßt die Geologie unter dem Namen der „metamorphischen Gesteine" zusammen; ein eigener Abschnitt wird der Lehre „von den Umwandlungen oder von dem Metamorphismus der Gesteine" in den Lehrbüchern der Geologie gewidmet. Und eben dieser Lehre hat man sich mit um so größern Eifer zugewendet, als die große Eigenthümlichkeit und scheinbare Unerklärbarkeit der metamorphischen Bildungen in einer oder der andern Weise bald den Neptunisten, bald den Plutonisten siegreiche Waffen in die Hand zu geben schien. Das fortgesetzte und insonderheit von dem englischen Geologen Lyell angeregte Studium identischer Vorgänge in der Gegenwart im Großen, wie im Kleinen, die Fortschritte der Chemie und deren Anwendung auf die Geologie lösen jedoch ein Räthsel nach dem andern. Es stellt sich mehr und mehr mit Wahrscheinlichkeit heraus, daß eine Anzahl dieser Metamorphosen auf nassem Wege, d. h. mit Hülfe des Wassers, eine andere Anzahl in Folge hoher Temperatur und hohen Druckes entstand, und die oben aufgestellte Theorie der Erdbildung erleidet dadurch keine Einschränkung, sie findet im Gegentheil hie und da nur eine kräftige Unterstützung. **) Beschäftigen auch wir uns einen Augenblick näher mit dem in Frage stehenden Gegenstande; wählen wir unter den vielfachen hierher gehörigen Vorgängen jedoch nur die hervorragendsten

---

*) S. das empfehlenswerthe Werk von R. Ludwig: „Das Wachsen der Steine oder die Kräfte, welche die Bildung und Entwicklung der Gebirgsarten vermitteln." Allgemein faßlich dargestellt. Darmstadt 1853.

**) Manche der hier in Frage stehenden Verhältnisse finden sich trefflich bearbeitet in: Sir Henry de la Bèche: Vorschule der Geologie. Eine Anleitung zur Beobachtung und zum richtigen Verständniß der noch jetzt auf der Erdoberfläche vorgehenden Veränderungen, so wie zum Studium der geologischen Erscheinungen überhaupt. Uebersetzt von Dr. Ernst Dieffenbach. Braunschweig 1853.

Bischoff will die meisten Metamorphosen als auf nassem Wege entstanden deuten; ihm entgegen reden Scheerer u. A. der Entstehung der metamorphischen Gesteine durch Einwirkung plutonischer Gesteinsmassen, Gase, Dämpfe u. s. w. das Wort.

und interessantesten aus, um so, wenn auch nur im Allgemeinen, eine richtige Vorstellung von denselben zu gewinnen.

Vierfach wollen wir die Erscheinungen sondern. Zunächst handelt es sich um die Metamorphose einer sedimentären Gesteinsart mit oder ohne Hinzutritt irgend einer neuen chemischen Verbindung; zu zweit um die Ausfüllung vorhandener Risse oder Spalten in den verschiedenen Schichtgesteinen mit von unten sublimirten oder von oben her eingesickerten Stoffen; zu dritt betrachten wir die Vertretung vorhandener Mineralien durch neue, die ganz die Stelle und Form der frühern annahmen, und zu viert endlich die Hinwegführung einzelner Bestandtheile aus ihren frühern Verbindungen, wobei dann einerseits die Veränderung des Zurückgebliebenen, andrerseits die Ansammlung und Neugestaltung des Fortgeführten in Frage kommt.

Schon oben wurde der die tiefgelegenen Massengesteine zunächst bedeckenden „krystallinischen Schiefer" gedacht. Sie sind als das in der größten Tiefe vorkommende großartige Beispiel eines Metamorphismus der Gesteine zu betrachten. Die Mehrzahl der Geologen neigt sich der Ansicht zu, daß sie durch die Einwirkung des Feuers auf die ersten Niederschläge aus dem Wasser, deren chemische Bestandtheile dieselben waren, wie die der plutonischen Massengesteine, bildeten. Auf der untern Seite gehen sie direct in die letztern selbst über und zeigen eben hier, vorzugsweise in der Form des Gneiß, ein krystallinisches Gefüge; auf der obern führen sie, als Glimmer- oder Thonschiefer u. s. w. in die nicht krystallisirten Sedimentgesteine, die Grauwackenbildungen über. Je nach der stärkern oder schwächern Einwirkung der plutonisch gehobenen, zum Theil feurigen Massen, so scheint es, wurde der Aggregatzustand der ersten Sedimentgesteine bald in ein gröberes, bald in ein feineres krystallinisches Gefüge verwandelt. „Namentlich die Gesteinsgebiete Skandinaviens bieten in der Uebergangsformation" wie Scheerer bemerkt, „dem Beobachter Verhältnisse dar, wie sie zur Erkennung eines stufenweise fortgeschrittenen Metamorphismus nicht leicht günstiger anzutreffen sein dürften. Wir erhalten hier Gelegenheit, die Einwirkungen plutonischer Eruptivmassen auf Thonschiefer und Kalkschichten in allen Stadien der Intensität zu verfolgen, und dadurch die Bildung plutonischer Gesteine zweiter und dritter Ordnung gewissermaßen vor unsern Augen geschehen

zu lassen. Alle Uebergänge aus versteinerungsführenden Thonschiefern und Kalksteinen in gneißartige Gebilde und grobkörnigen Marmor liegen auf das Deutlichste vor uns, bis die Metamorphose an der Granitgränze durch die Entwicklung zahlreicher Contactproducte ihren Maximumpunkt erreicht. In den höchsten Stadien dieser Gesteinsumwandlung sehen wir die ursprüngliche Schichtstructur mehr oder weniger verwischt, und wir treffen krystallinische Gebirgsarten an, in denen unförmliche Marmormassen als letzte Spuren einer ursprünglich neptunischen Bildung gedeutet werden können." *) „Durch die Nähe plutonischer Eruptionsmassen," sagt ferner A. v. Humboldt, **) „sehen wir den Schiefer in blauschwarz-glänzenden Dachschiefer verwandelt, durch Eindringen von Kieselsäure" (wahrscheinlich in in Wasser gelöster Form) „wird der Thonschiefer von Quarztrümmern durchsetzt, in Wetzschiefer und Kieselschiefer theilweise verändert. Der höchste Grad der Verkieselung des Schiefers ist aber ein edles Kunstmaterial, der Band-Jaspis, im Uralgebirge durch Berührung und Ausbruch des Augitporphyrs, des Dioritporphyrs oder eines in Kugeln geballten Hypersthengesteins hervorgebracht."

Ein zweites Beispiel eines metamorphosirten Sedimentgesteins liefert uns der körnige Marmor. Er besteht, gleich der Kreide, aus kohlensaurem Kalk und unterscheidet sich von dieser nur dadurch, daß er ein krystallinisches Gefüge besitzt, während die Kreide bekanntlich unkrystallisirt, gestaltlos ist. Wie nun gelangte der Marmor zu dieser ihm eigenthümlichen Form? Seine Entstehung in der Nähe von Eruptionsgestein denkt man sich in der Art, daß das letztere in heißem Zustande die kohlensauren Kalkschichten durchdrang, diese in einen geschmolzenen Zustand übergeführt wurden und nun langsam zu jenen prachtvollen krystallinischen Marmormassen erkalteten, die heutigen Tages ein so kostbares Material für unsere Künstler darbieten. Da man jedoch weiß, daß kohlensaurer Kalk, an freier Luft geglüht, seine Kohlensäure entweichen läßt und beim Erkalten also nichts weniger als Marmor bildet, so sah man sich zugleich zu der Annahme genöthigt, daß

---

*) Th. Scheerer, der Paramorphismus und seine Bedeutung für Chemie, Mineralogie und Geologie. Braunschweig 1854.

**) Kosmos I, pag. 272.

der kohlensaure Kalk bei jenem Vorgange unter einem bedeutenden, das Entweichen der Kohlensäure verhindernden Drucke der Atmosphäre oder höher gelegener Gesteinsschichten gestanden habe. In der That finden sich nun auch Kreidemassen, die nur an der dem Eruptionsgestein zugewandten Seite in Marmor umgewandelt sind; so nach A. v. Humboldt*) in Irland bei Belfast, wo Basaltgänge die Kreide durchsetzen, so ferner in dem dichten Flötzkalkstein, den ein syenitartiger Granit an der Brücke von Boscampo und in der Cascade von Canzocoli in Tyrol in theilweis gebogenen Schichten berührt; und solche Befunde sind der erwähnten Hypothese nicht ungünstig. Allein es fehlt auch nicht an Geologen, welche die Entstehung des Marmors überall aus mit kohlensaurem Kalk geschwängerten Sickerwässern herleiten und jene partiellen Umwandlungen dichten Kalksteins dadurch erklären, daß derselbe in der Nähe des Eruptionsgesteins durch Risse, Spalten u. s. w. dem Einsickern des Wassers und der Abscheidung des körnigen kohlensauren Kalkes vorzugsweise günstig gewesen sei. Auch diese Hypothese hat Manches für sich; die Beobachtung, daß hie und da, selbst in Gradirwerken der kohlensaure Kalk in körniger Form sich absetzt, ist ihr so günstig, als möglich. Die Frage ist jedoch noch nicht entschieden und vorläufig müssen beide Annahmen als möglich hingestellt bleiben.

Ein drittes Beispiel einer weitverbreiteten Gesteinsmetamorphose bilden die sog. Dolomite, die, dem Kalkstein ähnlich, vielfach in Tyrol und in der Schweiz in der Gestalt von Kegelbergen vorkommen und aus kohlensaurem Kalk in Verbindung mit kohlensaurer Magnesia bestehen. Der „geistreiche" Freund Alexander von Humboldt's Leopold von Buch, der sich vorzugsweise mit ihrer Untersuchung beschäftigte, war der Ansicht, daß sie das Werk eines Augitporphyrs seien, und daß sich die Magnesia dem kohlensauren Kalke „gleichzeitig mit dem Hervortreten des Augitporphyrs auf weiten, dampferfüllten Spalten" beigemischt habe.**) Man dachte sich also den Magnesiagehalt der Dolomite als in Dampfform aus dem Innern der Erde hervor-, und in dieser Form in die vorhandenen Kalkmassen eingedrungen. Allein es

---

*) Kosmos I, pag. 274.
**) Kosmos I, pag. 276.

scheint, daß diese Hypothese mehr und mehr an Haltbarkeit verliert und die Metamorphose in diesem Falle mehr dem Wasser und zwar einem magnesiahaltigen, den Kalk durchdringenden Sickerwasser, als dem Feuer ihre Entstehung verdankt. Abgesehen davon, daß die Magnesia sehr feuerbeständig ist und schwerlich in Dampfform sublimirt wurde, abgesehen davon, daß sich in der Nähe mancher Dolomite gar keine Eruptionsgesteine befinden, weisen manche Formationen und Zerklüftungen der Kalke selbst auf das Eindringen der magnesiahaltigen Wasser hin, die dann unter gewöhnlichen Verhältnissen, d. h. ohne die von Leopold v. Buch für seine Hypothese supponirte Erhöhung des Druckes und der Temperatur „in außerordentlich langen Zeiträumen diese Umwandlung vollbrachten." *)

Als eines vierten metamorphischen Gesteins wollen wir des ebenfalls weit verbreiteten wasserhaltigen Gypses gedenken. Dieser, aus schwefelsaurem Kalk bestehend, verdankt seine Entstehung ohne Frage zum Theil „den in der Urzeit vulkanisch ausgebrochenen schwefelsauren Dämpfen," so wie den später aus den sog. Solfataren emporgestiegenen schwefligsauren Dämpfen oder Schwefelwasserstoffgasen. Die in ihnen enthaltene oder durch Oxydation aus ihnen gebildete Schwefelsäure verband sich mit dem Kalk des kohlensauren Kalkes zu Gyps, die schwächere Kohlensäure wich der stärkeren Schwefelsäure, sie ging andere Verbindungen ein oder entwich als solche in die Luft, oder wurde vom Wasser absorbirt. — Aber auch mit Hülfe des Wassers, das entweder Schwefelsäure als solche, oder Schwefelwasserstoffgas oder schwefelsaure Salze enthalten konnte, mag sich hie und da Gyps gebildet haben. Das oft mit dem Gyps verbundene und ihn vielleicht in sog. Anhydrit (d. h. wasserfreien Gyps) verwandelnde Steinsalz ist einer solchen Annahme günstig. Auch hier also doppelte Möglichkeit der Entstehung und neuer Grund zur Diskussion für die sich bekämpfenden Neptunisten und

---

*) Näheres hierüber, so wie über die Metamorphose der Gesteine überhaupt, giebt C. Vogt in seinem Lehrbuch der Geologie pag. 320 Bd. II, 1854. Auch über die von Heidinger und von Morlot aufgestellte Hypothese der Dolomitbildung durch Eindringen schwefelsaure Magnesia (Bittersalz) haltiger Gewässer in die Kalksteine und eventuelle Gyps- und Dolomitbildung, spricht sich Vogt und zwar negirend, aus.

Plutonisten! Doch wie dem auch sei, die einzelnen und nur partiellen Erscheinungen werden dennoch nicht vermögen die Theorie der zweifachen Entstehungsursache des Erdmantels zu verdrängen.

Eine zweite Reihe von Veränderungen der Erdrinde wurde nicht sowohl durch die Metamorphose eines schon vorhandenen Gesteins, als vielmehr durch die Ausfüllung von Rissen und Spalten der Massen- oder Schichtgesteine durch in sie eindringende Stoffe bedingt. Mit großer Entschiedenheit läßt es sich behaupten, daß diese Ausfüllungen bald durch Sublimationen metallischer Dämpfe von unten herauf, bald durch Einsickerung mit irgend welchen Stoffen geschwängerter Wässer von oben her entstanden. Eine große Anzahl von Elementarstoffen, die wir heutigen Tages noch in vulkanischen Emanationen oder in Thermalquellen finden, füllen zum Theil auch jene Risse und Spalten in dem uns zugänglichen Theile der Erdrinde aus; so das Kalium, Calcium, Eisen, Mangan, der Schwefel, der Arsenik, das Blei, das Kupfer u. s. w. u. s. w. All' diese Stoffe drangen ohne Frage wohl einst in der Form metallischer Dämpfe, welche die Eruptionen oder Hebungen massiger Gesteine begleiteten, in die bezeichneten Spalten oder Risse ein und schlugen sich an den Wänden derselben entweder mit Sauerstoff zu Oxyden, oder, was häufiger ist, mit andern Metallen verbunden, nieder. Als Verbindungen der letztern Art kennen wir insonderheit die Schwefelmetalle; den Eisenkies, den Bleiglanz (Schwefelblei), das Schwefelsilber u. s. w. — v. Humboldt erwähnt, um nur ein hierhergehöriges Beispiel anzuführen, daß in der Insel Elba Serpentinsteinmassen, welche vielleicht nirgends so deutlich als Eruptions-Gebirgsarten erscheinen, in den Klüften eines Kreidesandsteins die Sublimation von Eisenglanz und Rotheisenstein bewirkt haben, und daß wir denselben Eisenglanz noch täglich am Kraterrande und in frischen Lavaströmen des Vulkans von Stromboli, des Vesuvs und des Aetna aus der Dampfform an den Spaltwänden offener Gänge sich sublimiren sehen. *) Aehnliche Beispiele ließen sich leicht in Menge beibringen. — Andrerseits füllten sich aber die Risse, Spalten oder Höhlungen des Erdmantels auch mit Stoffen, die in durchsickernden Wässern gelöst waren und eine große

*) Kosmos I, 279.

Reihe von Erzgängen, wie wir die ausgefüllten Spalten nennen, fand auch in dieser Weise ihre Entstehung. Ein einfaches und allbekanntes Bild dieses Vorganges liefern die weite Höhlungen ausfüllenden Stalaktiten oder Tropfsteine, die dadurch entstehen, daß kohlensauren Kalk haltiges Wasser die Felsenwände durchsickert, das Wasser in den Höhlen verdunstet und der Kalk nun als incrustirende Masse zurückbleibt. Je nach den Gesteinen, welche das Regenwasser durchsickert, auflöst und in Minimaltheilen mit sich fortführt, entstehen in gleicher Weise die verschiedensten Gangmassen oder Ausfüllungen kleinerer und größerer Höhlungen. So finden wir Eisenerze, Kalkspath, Kieselerde in ihren mannigfachen Verbindungen, Bleiglanz, Kupfersalze und selbst die edelsten Metalle bald in größern, bald in geringern Mengen in jenen Räumen abgelagert. Die vornämlich aus Kieselerde bestehenden prachtvollen Chalcedone oder Achatmassen, die man in den porphyrartigen Mandelsteinen eingeschlossen findet, fanden in dieser Weise sicher ihre Entstehung. Keineswegs sind dabei die Gänge immer nur mit einer Substanz erfüllt, es finden sich oft vielmehr deren drei, vier und mehre in breiten Schichten auf einander abgelagert. So erwähnt de la Bèche eines Ganges bei Godolphin Bridge in Cornwall, auf dessen Wand Quarz ruhte, diesem folgte dann eine beiderseits von Achat eingefaßte Schicht von Quarzkrystallen und auf dieser ruhte wieder eine dicke Schicht von Kupferkies. Es sind das Bildungen, zu deren Vollendung Jahrtausende erforderlich waren; aber sie weisen uns deutlich nach, auf welchen Wegen die Erdoberfläche zu ihrer jetzigen Gestalt und Beschaffenheit gelangt ist. Das Studium des Inhalts der „Ganggesteine," wie wir alle die von ausgefüllten Rissen und Spalten durchsetzten Gesteine nennen, ist eins der lehrreichsten und interessantesten Gebicte der geologischen Forschung; und giebt es hier auch noch manche Lücke auszufüllen, so hat die neuere Geologie doch auch über viele schwierigen Fragen ein unerwartetes Licht verbreitet. Die sorgfältige Untersuchung jüngerer vulkanischer Bildungen, so wie die genauere Erforschung des Verhältnisses der verschiedenen Gangmassen zu den in größerer oder geringerer Nähe befindlichen Ganggesteinen oder Eruptionsgesteinen haben der richtigen Anschauung den Weg gebahnt.

Als die dritte Reihe von Metamorphosen bezeichneten wir Vorgänge von der Art, daß an die Stelle bereits vorhandener Mineralien in Folge chemischer Umsetzung ganz andere und neue traten und diese dann nicht selten die ihnen fremde Gestalt der ersteren annahmen. Man bezeichnet diese Mineralien mit dem Namen der „Pseudomorphosen." Die Möglichkeit, in welcher diese Metamorphosen erfolgen, ist eine sehr verschiedene. Das zunächst dagewesene, primogene Gestein kann einen Verlust an einzelnen Bestandtheilen erlitten oder neue Substanzen in seine Verbindung aufgenommen haben; es kann ferner nach dem Gesetze der Wahlverwandtschaften einzelne seiner Bestandtheile mit denen eines neu zugeführten Stoffes ausgetauscht haben oder ganz von einem fremden Mineral verdrängt worden sein, ähnlich wie bei den sog. Metallvegetationen z. B. die in eine Bleisalzlösung getauchte Zinkstange nach und nach durch das Blei verdrängt wird. Nur einige Beispiele dieser Art wollen wir erwähnen. Es giebt zahlreiche Gänge, welche Bleiglanz (Schwefelblei) führen. Liegen diese Gänge nicht zu fern von der atmosphärischen Luft, so wird nach Hausmann der Schwefel des Schwefelbleis durch den Sauerstoff der letztern zu Schwefelsäure oxydirt. Findet diese Schwefelsäure dann in der Nähe kohlensauren Kalk, so verbindet sie sich mit dem Kalk zu schwefelsaurem Kalk oder Gyps, treibt die Kohlensäure aus, und diese geht dann eine Verbindung mit dem Blei zu kohlensaurem Blei ein. An der Stelle des Bleiglanzes finden wir jetzt das Bleicarbonat. Ein Fall dieser Art findet sich in Derbyshire in einer Grube in dem Long-Tor bei Matlock. *) Ein anderes Beispiel einer hierhergehörigen chemischen Metamorphose findet sich in Gängen, welche Kupferkies enthalten. „Dieses Erz, welches wesentlich aus einer Verbindung des Schwefels mit Kupfer besteht, vielfach aber auch andere Metalle, wie namentlich Eisen eingeschlossen enthält, wird durch die atmosphärischen Wässer zersetzt; es bildet sich wieder Schwefelsäure durch die Wirkung des Sauerstoffs, die Schwefelsäure greift die metallischen Theile des Erzes an, bildet mit dem Kupfer schwefelsaures Kupferoxyd und während dieses im Wasser lösliche Salz entfernt wird, bleibt Eisen in den Erzen zurück, um später ein Eisenoxydhydrat (Eisen-

*) S. de la Bèche a. a. O. pag. 599 und 601.

oxyd in Verbindung mit Wasser) zu bilden. Das Eisenoxydhydrat stellt in dieser Weise entstanden den „Gossan" der Engländer, den „Chapeau de fer" der Franzosen oder den „Eisenhut" der Deutschen dar, woher das Sprichwort: „Es ist nie ein Gang so gut, der trägt nicht einen eisernen Hut." Die Lösung des schwefelsauren Kupfers sickert nun aber weiter durch die tiefer liegenden Gesteinschichten hindurch und wird hier dann als Kupfervitriol (schwefelsaures Kupferoxyd) oder, schon weiter verändert, als metallisches Kupfer oder kohlensaures Kupfer gefunden.*) Manche andere Beispiele der Art finden sich von Vogt in seinem Lehrbuch der Geologie (pag. 318 fg.) zusammengestellt. Daß aber fast alle hierhergehörigen Metamorphosen nur auf nassem Wege zu Stande kamen, ist kaum noch einem Zweifel unterworfen.**)

So sehen wir durch die verschiedensten und in Bezug auf ihre Entstehungsursache auch wieder ähnlichen Metamorphosen und Neubildungen das Innere der Erdrinde im Laufe von Jahrtausenden vielfach verändert. Ueberall tritt die chemische Verwandtschaft der Elementarstoffe in Frage, überall wird die Geologie an die Chemie verwiesen, und ob wir auch viele dieser Vorgänge mit denen die wir in chemischen Laboratorien verfolgen, noch nicht in Einklang zu bringen vermögen, es darf bei der erkannten Gesetzmäßigkeit der mannigfachen übrigen nicht vergessen werden, daß die Macht der innern Erdwärme, der bedeutendere Atmosphärendruck früherer Zeit, die Kraft des Wasserdampfes u. s. w. Agentien sind, deren wir uns in unsern Laboratorien auch nicht einmal annähernd bedienen können und daß diese eben die mannigfachsten Modificationen chemischer Vorgänge bedingen mußten.

Es bleibt uns noch ein Viertes übrig. Nicht nur das Innere der Erdrinde wurde in vielfacher Weise verändert, auch ihre Oberfläche war und ist ständig den mächtigsten Metamorphosen unterworfen. Das Meer mit seinen brausenden Wogen, der tropfenweis fallende Regen und die atmosphärische Luft, sie haben an der ihnen dargebotenen Oberfläche

*) S. de la Bèche a. a. O. pag. 698.

**) Wichtig für die hier in Frage stehenden Verhältnisse ist das Werk von Scheerer: Der Paramorphismus und seine Bedeutung in der Chemie, Mineralogie und Geologie. Braunschweig 1854.

der festen Erdrinde genagt; was wir als den langsam schleichenden Vorgang der Verwitterung bezeichnen, hat in dem Zeitraum von Jahrtausenden Berge versetzt und Küstenländer gebildet, hat ein „Wandern der Steine" bewirkt, wie es uns Schleiden noch kürzlich so hübsch in seinen „Studien" gegenüber den Wanderungen in der Pflanzen- und Thierwelt zeichnete.

Wir wollen hier absehen von den Veränderungen, welche die Erdoberfläche in den verschiedenen Stadien ihrer Entwickelung bis auf den heutigen Tag durch die Bespülung des mehr oder minder warmen Meerwassers erlitten hat, von den Veränderungen, welche die Gletscher der Gebirge und die Eisberge des Nordens an der festen Masse des sie tragenden Gesteins erzeugten. Nur beiläufig erinnern wir an die „erratischen Blöcke," die durch mächtige Eismassen aus dem Norden zu uns herübergetragen wurden. Wichtiger für uns sind jene langsamen Veränderungen der Erdrinde, welche durch die Bestandtheile der Atmosphäre und den Regen im Laufe der Jahrtausende hervorgebracht wurden, welche unscheinbar beginnend und fast unbemerkt verlaufend, dennoch die überraschendsten Resultate lieferten.

Unsere atmosphärische Luft besteht aus 20,9512 Proc. Sauerstoff, 79,0073 Proc. Stickstoff und 0,0414 Proc. Kohlensäure. Nach den neuern wichtigen Untersuchungen Bunsen's über die Absorption der Gase *) nimmt das verdunstete und als Regen wieder auf die Erde herabfallende Wasser verschiedene Mengen dieser Gase auf. Es enthält bei einer Temperatur von 15° C.: 63,62 Proc. Stickstoff, 34,12 Proc. Sauerstoff und 2,26 Proc. Kohlensäure. Durch den Gehalt an diesen Gasen und insonderheit durch seinen Gehalt an Kohlensäure wird das Regenwasser ein mächtiges Lösungsmittel für die Gesteine mit denen es in Berührung kommt. Absolute Unlöslichkeit in reinem oder kohlensaurem Wasser, bemerkt Vogt, ist eine Eigenschaft, welche, genau genommen, keiner einzigen Mineralsubstanz zukommt. Als Sickerwasser durchdringt aber der Regen die Erdoberfläche hie und da bis zu einer beträchtlichen Tiefe und befremden darf es uns somit nicht, wenn wir

*) Liebig und Wöhler's Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 93, Heft 1.

in aus dem Regenwasser entstehenden Quellen, Bächen und Strömen fast sämmtliche Bestandtheile der verschiedenen Gebirgsarten wiederfinden. Der Kohlensäuregehalt tief gelegener Gesteinsmassen, der durch die innere Erdwärme ausgetrieben, in kohlensäurehaltigen Quellen oder Mofeten in die Luft entweicht, die Kohlensäure, welche von der Thierwelt in die Luft hinein ausgehaucht wird, sie kehren, vom Regenwasser absorbirt, auf die Erde zurück und dienen hier als Lösungsmittel der festen Erdkruste selbst. Während die Wirkung des Sauerstoffs der Luft oder des Regenwassers auf die Mineralien eine beschränktere ist, während sie sich nur in der höhern Oxydation einiger einfacher Verbindungen, wie des Eisenoxyduls zu Eisenoxyd oder Eisenocker, des Schwefelwasserstoffgases zu Schwefelsäure u. s. w. zu erkennen giebt, ist die Wirkung der Kohlensäure des Regenwassers eine ungeheure. Schleiden erwähnt in seinen „Studien," *) daß der Nil bei Hochwasser in jeder Secunde 176,000 Cubikfuß, der Ganges 500,000 Cubikfuß Wasser in's Meer führt; daß bei Memphis in Tennessee jährlich fast 14 Billionen Cubikfuß Mississippi-Wasser vorbeifließen. Durch sorgfältige Untersuchungen dieser Wässer hat man aber gefunden, daß der von ihnen fortgetragene Schlamm beim Mississippi $^1/_{3000}$, also im Jahre etwa 4500 Millionen Cubikfuß beträgt; und in gleicher Weise sind beim Nil für den Schlamm 200 Millionen Cubikfuß, beim Ganges 6000 Millionen Cubikfuß berechnet. Aehnliche Zahlen ergeben sich für alle größern Flüsse, für die Elbe, die Weser, den Rhein u. s. w. „Um sie anschaulich zu machen," sagt Schleiden, „will ich bemerken, daß der Hausberg bei Jena vom Saalspiegel bis zur Höhe, von Gembdenbach bis zum Ziegenhainer Bach und von Camsdorf bis zu dem Fußsteig nach Jenapriesnitz einen Inhalt von etwa 600 Millionen Cubikfuß hat, so daß allein der Ganges die zehnfache Masse des ganzen Hausberges jährlich dem Meere zuführt." — Der Schlamm oder die festen Bestandtheile dieser Wässer bestehen aber überall aus den durch das kohlensaure Regenwasser aufgelösten höhern oder tiefern Schichten der festen, über den Wasserspiegel hervorragenden Erdkruste; der Tropfen höhlt den Stein; was Bestandtheil der Berge, Felsen und Höhen war,

---

*) S. den Artikel: „Ueber Fremdenpolizei in der Natur" pag. 18.

den Kalk, die Thonerde, die Kieselerde, die Talkerde, das Eisenoxydul, den Gyps u. s. w. u. s. w., sehen wir, in das Meer geführt, als Alluvium oder angespülten Schlamm die flachen Küsten der Continente, oder als Sediment den Boden des Meeres mächtig verändern.

Bei Weitem jedoch nicht Alles, was von der festen Erdrinde durch den Regen in gelöste Form übergeführt wird, kehrt durch Quellen, Bäche und Flüsse dem Meere zu. Ein Theil der Verwitterungsprodukte wird von den Wurzeln der Pflanzenwelt aufgesogen, um deren Bau und Wachsthum fördern, um das Zellengerüst bilden zu helfen, in welchem der ernährende Pflanzensaft kreist; ein anderer Theil wird direct aus dem Wasser von thierischen Organismen aufgenommen, die in bald größerer, bald geringerer Masse die festen Bestandtheile fixiren und zu ihrem eigenen Aufbau und Wachsthum verwenden. Am mächtigsten und in staunenerregender Weise findet eine solche Fixation der festen Bestandtheile des Wassers bei den kleinsten Organismen, bei den sog. Infusionsthierchen, deren Natur uns zuerst Ehrenberg vor noch nicht langer Zeit enthüllt hat, Statt. Diese nur dem bewaffneten Auge sichtbaren Organismen können wie Filtrirapparate für das Wasser betrachtet werden. Aus der verhältnißmäßig ungeheuern Menge Wassers,*) welche durch ihren Körper während ihrer kurzen Lebenszeit hindurchfließt, halten sie die festen Bestandtheile und insonderheit den Kalk oder die Kieselerde zurück; aus diesen bilden sich ihre Schaalen oder Panzer, ähnlich wie es mit den Schaalen der größern Weichthiere, der Seemuscheln u. s. w. im Großen geschieht; und diese Schaalen und Panzer, deren Vorhandensein ebenfalls nur das Microscop zu entdecken vermag, haben mit ihren Millionen und Billionen nicht unwesentlich zur Veränderung der Erdoberfläche beigetragen. Sie bilden, als die unvergänglichen Ueberbleibsel der einst organisirten Körper, mächtige Lager von Kalk- und Kieselerde. Die Kalk- und Kieselerde der Lüne-

*) Vogt l. c. pag. 279 berechnet, daß durch eine Navicelle, um deren Kieselpanzer zu bilden, in 24 Stunden wenigstens das 33333fache Gewicht desselben an Meerwasser hindurchgeht. Manche Quellen, Flüsse u. s. w. sind freilich reicher an Kieselsäure als das Meerwasser, immer aber ist das Beispiel geeignet, um einen Begriff von der Größe des Stoffwechsels in diesen niedern Organismen zu geben.

burger Haide, welche hie und da Lager von 12—10 Fuß Mächtigkeit bildet, besteht fast ganz aus Panzern von Infusorien, das in Moor- und Marschgegenden gefundene Raseneisen ist zum großen Theil von Gallionellen gebildet; Feuersteine, Polirschiefer u. s. w. bestehen ebenfalls fast ganz aus Panzern jener kleinsten Organismen." Im Biliner Polirschiefer bilden ungefähr 41000 Millionen Gallionellen immer 1 Cubikzoll Stein, daher etwa 70 Billionen einen Cubikfuß." *) „Die unsere Fassungskraft bedrängende Macht der Zahlen," sagt v. Humboldt so treffend, „bietet sich uns in den kleinsten Organismen des Thierlebens, wie in der Milchstraße der selbstleuchtenden Sonnen dar, die wir Fixsterne nennen. — — Aber mahnen am Sternenhimmel (wie auf der Erdoberfläche) die Eindrücke von nicht auszusprechenden Zahlen und räumlicher Größe, von Dauer und langen Zeitperioden den Menschen an seine Kleinheit, an seine physische Schwäche, an das Ephemere seiner Existenz, so erhebt ihn freudig und kräftigend wieder das Bewußtsein, durch Anwendung und glückliche Selbstentwicklung der Intelligenz schon so Vieles und so Wichtiges von der Gesetzmäßigkeit der Natur erforscht zu haben." **)

Hier wollen wir endlich auch noch jener Theilnahme gedenken, welche untergegangene Pflanzenwelten an der allmähligen Gestaltung und Veränderung der Erdoberfläche gehabt haben und noch heute haben. Es sind die mächtigen Steinkohlen- und Braunkohlenlager, so wie die noch fort und fort sich bildenden Torflager, welche ihre Entstehung den allmähligen Metamorphosen untergegangener, vegetabilischer Organismen verdanken. Das Holz, eine Verbindung von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, welcher einige mineralische Bodenbestandtheile beigemischt sind, bildet sich aus den Bestandtheilen der Atmosphäre und des Erdbodens. Dem Verbande mit der mütterlichen Erde durch Bergstürze entzogen oder von der atmosphärischen Luft durch urweltliche und jüngere Ueberschwem-

---

*) Ehrenberg: Die Infusionsthierchen als vollkommne Organismen. Leipzig 1838. pag. XIII.

S. auch dessen neuestes Werk: Mikrogeologie. Das Erde und Felsen schaffende Wirken des unsichtbar kleinen selbständigen Lebens auf der Erde. Leipzig 1854.

**) S. Kosmos III. pag. 41.

mungen abgetrennt, erlitt es und erleidet es aber Veränderungen, Veränderungen, deren Ursache heutigen Tages kaum noch zweifelhaft sein kann. Es finden sich allerdings jüngere Pflanzenreste, so namentlich Braunkohlenlager, in denen ein deutlicher Beweis dafür zu finden ist, daß das Holz oder vielmehr die aus ihm hervorgegangene Braunkohle durch feurige Eruptionsgesteine in Steinkohle oder den dieser nahe verwandten Anthracit — eine nicht ganz reine mineralische Kohle, die frei von Sauerstoff und Wasserstoff ist — verwandelt wurde. So erwähnt Rossmäßler in seinen „populären Vorträgen über Versteinerungen," daß bei Aussig in Böhmen eine Basalt-Eruption ein Braunkohlenlager durchbrochen und durch seine Hitze die Braunkohle in Anthracit verwandelt hat, und Vogt bemerkt von den Steinkohlen Amerikas, daß sie in der Nähe der Hebungs- und Verwerfungslinien durch plutonische Massen ebenfalls in Anthracit übergeführt seien. Allein im Großen und Allgemeinen läßt sich die feurige Entstehungsursache weder auf die Braunkohlen-, noch auf die Steinkohlenlager übertragen; sie entstanden vielmehr sehr wahrscheinlicher Weise in Folge einer der Verwesung ähnlichen sehr langsamen Zersetzung des Holzes, in Folge eines langsamen Oxydationsprocesses, für dessen Ablauf und Resultat ein hoher Wärmegrad und schwefelsäurehaltige Wässer (s. o. pag. 78) allerdings nicht ohne fördernden Einfluß gewesen sein mögen. In ganz derselben Weise, wie wir heutigen Tages aus den kümmerlichen Vegetationsproducten unserer Moorgegenden den Torf sich bilden sehen, entstanden jene mächtigen Steinkohlen- und Braunkohlenlager aus den üppigen und massenhaften Vegetationsproducten vorweltlicher Zeiten, und die Beschaffenheit der letztern variirt nur deshalb so sehr von der des Torfes, weil sie schon seit Tausenden von Jahren dem verändernden Einfluß der Oxydation unterlegen haben und bedeutende Druckkräfte, so wie hohe Temperatur, grade ihre Metamorphosen modificirten. Bei dürftigem Zutritt von Sauerstoff, wie er bei unter Wasser oder Erde begrabenen Vegetabilien Statt hat, verliert die Holzfaser allmählig unter Abgabe von Wasserstoff und Kohlensäure oder von Kohlenwasserstoffverbindungen und Wasser einen Theil ihres Kohlenstoffs, ihres Wasserstoffs und ihres Sauerstoffs. Der Torf ist relativ reicher an Sauerstoff, als die Braunkohle; diese ist reicher daran als die Steinkohle, und der aus dieser

hervorgehende Anthracit ist als eine von Wasserstoff und Sauerstoff freie Steinkohle zu betrachten. Fand nun in der That ein solcher allmähliger Orydationsproceß der Holzfaser Statt, so müssen sich auch jene ihre Metamorphose begleitenden Ausscheidungen in der Nähe der Braunkohlen- oder Steinkohlenlager nachweisen lassen, und daß dem wirklich so ist haben uns die Untersuchungen Bischoff's u. A. gelehrt. Nur in dieser Weise scheint der Kohlensäuregehalt von Mineralquellen, die in der Nähe von Braunkohlenlagern entspringen, erklärlich; nur durch die bei der Metamorphose abgestorbener Vegetabilien zu Braunkohle sich bildende Kohlensäure scheint z. B. der Kohlensäuregehalt der Schwalheimer, Fachinger u. a. Mineralquellen bedingt. Und was die Steinkohlenlager anbetrifft, so wies Bischoff nach, daß die brennbaren entzündlichen Gase, welche aus den Spalten der Steinkohlenlager oder den Gebirgsarten hervorströmen, welche Steinkohlen führen, ohne Ausnahme Kohlensäure, Sumpfgas und ölbildendes Gas (beide letztere sind Verbindungen von Kohlenstoff und Wasserstoff) enthalten. Bezeichnet man die Zusammensetzung des Holzes mit der Formel: $C_{36}\,H_{44}\,O_{22}$, so würde die Laubacher Braunkohle, welche aus $C_{33}\,H_{42}\,O_{16}$ zusammengesetzt ist, daraus in der Weise hervorgehen, daß das Holz 2 Theile Wasserstoff und 3 Theile Kohlensäure abgab.*) Die Steinkohle (Cannelkohle) besteht nach Richardson und Regnault aus $C_{24}\,H_{26}\,O$; sie würde aus Holz entstehen, wenn dieses 3 Th. Sumpfgas, 3 Th. Wasser und 9 Th. Kohlensäure ausschied.**) Durch solche Metamorphosen entstanden also, wie man wohl mit Sicherheit annehmen darf,

---

*) Holz $= C_{36}\,H_{44}\,O_{22}$

minus { 2 Th. H $= H_2$; 3 Th. Kohlens. $= C_3\ O_6$ }

bleibt Braunkohle $= C_{33}\,H_{42}\,O_{16}$

**) Holz $= C_{36}\,H_{44}\,O_{22}$

minus { 3 Th. Sumpfg. $= C_3\,H_{12}$; 3 Th. Wasser $= H_6\,O_3$; 9 Th. Kohlens. $= C_9\ O_{18}$ }

bleibt Steinkohle $= C_{24}\,H_{26}\,O$

Vgl. hierüber: Liebig: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. 1843. pag. 447 fg.

jene mächtigen Steinkohlen- und Braunkohlenlager, welche einen so wesentlichen Antheil an der Gestaltung der Erdoberfläche genommen haben. Von der Mächtigkeit dieser Lager bekommen wir einen Begriff, wenn wir hören, daß an den Ufern der Saar nicht weniger als 103 bauwürdige Steinkohlenflötze bekannt sind, von denen einzelne eine Tiefe von 13 Fuß besitzen. *)

Damit wollen wir die Betrachtung der wesentlichsten Metamorphosen der Erdrinde und ihrer einzelnen Gesteinsarten beschließen. Wir müssen uns auf die wenigen Bemerkungen beschränken; der Gegenstand ist so reichhaltig, daß es uns hier auch nicht einmal annähernd möglich sein würde, ihn zu erschöpfen. Möchte doch aber auch schon das Wenige genügt haben, um darzuthun, welch' hohes Interesse ein näheres Studium dieser Verhältnisse gewährt. Wie die ältere Geschichte der Völker, die Geschichte ihrer äußern und innern Entwicklung einen besondern Reiz hat für den Geschichtsforscher, wie sie die Basis für seine Betrachtungen der Gegenwart bildet, so ist auch die Entwicklungsgeschichte der Erde eins der anziehendsten und lehrreichsten Gebiete der allgemeinen Physiologie. Wie uns die Geschichte lehrt, daß wechselseitiger Verkehr in seinen bald milderen, bald rauheren Formen auf die Entwicklung der einzelnen Nationen den mächtigsten Einfluß ausübte, so sehen wir auch in der Entwicklung der Erde durch bald langsamere, bald raschere, bald ruhigere, bald gewaltigere Vermischung oder Trennung der Elemente und ihrer Verbindungen diejenigen Veränderungen bedingt, welche der Erdrinde ihre heutige Gestalt und Oberfläche verliehen haben. Und sollten nicht auch die wenigen Andeutungen schon ein allgemeines Verständniß der uns im eigenen Vaterlande oder auf weiteren Reisen entgegentretenden Formen der Erdoberfläche ermöglicht haben? Durch ihre massige, ungeschichtete Gestalt werden wir die hoch gehobenen granitischen, porphyrartigen oder basaltischen Eruptionsmassen leicht von den feiner oder gröber geschichteten, oft vielfach zerklüfteten Sedimentgesteinen zu unterscheiden wissen; wo wir einzelne Sedimentgesteine in fast senkrechter Streichungslinie zu Tage liegend finden, werden wir über ihre durch Eruptionsmassen veränderte Lage-

*) Vogt: Lehrbuch der Geologie I. pag. 297.

rung nicht lange in Zweifel sein und begegnen wir vielleicht in dieser Weise neben einander gelagertem Grauwackensandstein und Rothsandstein, so dürfen wir vermuthen, daß sich in geringerer oder größerer Tiefe zwischen beiden ein Steinkohlenlager auffinden lassen wird. Die Entstehung der Erzgänge ist uns im Allgemeinen kein Räthsel mehr, eine Anzahl für unsere Kunststätten wichtiger Gesteine, den Marmor, den Gyps u. s. w. haben wir in ihrer Entstehung verfolgt; und wenden wir uns wieder dem Flachlande, den Ebenen unseres nördlichen Deutschlands u. s. w. zu, so werden wir den unmittelbar von uns betretenen Boden zum Theil als angeschwemmte oder aufgeschwemmte Verwitterungsmassen ferner Berge und Felsen oder als durch thierische Organismen erzeugte Steinlager zu bezeichnen wissen. Je nach den Bestandtheilen des verwitterten Gesteins selbst wird aber der von denselben gebildete Boden bald eine lehmige, bald eine sandige Beschaffenheit haben, bald mehr Kalkerde, bald mehr Alkalien u. s. w. enthalten. Vermischen sich endlich noch mit diesen Verwitterungsmassen die Produkte und Reste von Pflanzen und Thieren, so entsteht das, was wir als Dammerde bezeichnen, was je nach seiner Beschaffenheit das Gedeihen oder Nichtgedeihen unserer Saaten bedingt.

Der hochwichtigen Bedeutung einer genauen Kenntniß dieser verschiedenen Bodenverhältnisse für den Bergbau, die Agricultur und damit selbst für die körperliche Entwicklung des Menschen wollen wir hier nur im Vorbeigehen gedenken. Unsere obigen Bemerkungen müssen auch das schon klar gemacht haben, daß nur bei der Kenntniß der Bildungsgeschichte und Lagerung der einzelnen Mineralien ein erfolgreicher Bergbau betrieben werden kann; daß der Landwirth nur bei genauem Verständniß der Heranbildung oder Zusammensetzung einzelner Bodenarten den Erfolg seiner Arbeit mit Sicherheit vorausbestimmen kann. Manchem erscheint die Geologie wohl noch als eine todte Wissenschaft, und überall doch greift sie tief ein in das Getriebe des praktischen Lebens, überall lohnt sie den Forscher nicht nur mit dem befriedigenden Gefühle des Erkennens und Wissens, sondern gleichzeitig auch mit dem Besitze für das Leben brauchbarer und nützlicher Resultate.

Vierter Vortrag.

Die Organismen der Vorwelt.

Bis dahin haben wir uns nur mit den unorganisirten, dem Mineralreich angehörigen Bestandtheilen der Erdrinde, deren allmähliger Entstehung und Entwickelung beschäftigt. Gleich den Ruinen aber von längst verschütteten Tempeln, Palästen und Denkmälern tragen auch die im Laufe der Jahrtausende entstandenen und wieder begrabenen Schichtgesteine der Erdrinde steinerne Inschriften, die uns dort, von Menschenhänden erzeugt und erst in neuester Zeit dem Verständniß erschlossen, Kunde von weltgeschichtlichen Thatsachen geben, hier, von der Natur sebst hervorgebracht und zurückgelassen, als Denkzeichen und Bilder längst vergangener organischer Lebensformen dienen. Es sind die durch alle Schichtgesteine hindurch aufgefundenen und erst in unsern Tagen in reicherer Fülle und mit richtigem Verständniß ans Licht gebrachten „Versteinerungen," welche uns das vor der jetzigen Periode der Erdgeschichte die Erdoberfläche und das Wasser bewohnt habende Thierreich zeichnen, welche uns einen Begriff geben von der Pflanzendecke, welche in urweltlichen Zeiten das Erdreich schmückte. Tausende von untergegangenen vorweltlichen Pflanzen- und Thierformen sind uns schon bekannt und die sich mit ihnen beschäftigende Lehre, die Palaeontologie, bildet bereits einen besondern und sehr bedeutenden Zweig der geologischen oder besser der naturwissenschaftlichen Forschung; sie hat, wie A. v. Humboldt sich ausdrückt, „der Lehre von den starren Gebilden der Erde, wie durch einen belebenden Hauch, Anmuth und Vielseitigkeit verliehen." —

Unsere naturhistorischen Museen bieten heutigen Tages fast überall Gelegenheit, sich durch unmittelbare Anschauung einen Begriff von den

verschiedenen Formen und Formbestandtheilen urweltlicher Organismen zu verschaffen. Wo es an Exemplaren der natürlich vorkommenden Versteinerungen fehlt, sucht man durch gelungene und die Originalien nahezu ersetzende Modelle (Gypsabgüsse) die Sammlungen zu vervollständigen. Kann man diese Denkmäler der Urwelt betrachten, ohne über ihre oft colossale, oft zierlichere Gestalt zu erstaunen, ohne einen Vergleich anzustellen zwischen der damaligen und gegenwärtigen Fauna und Flora, ohne zu fragen, in welcher Weise diese verschiedenen Organismen in den verschiedenen Schichten der Erdrinde vertheilt sind, in welcher Reihenfolge sie sich also vermuthlich, entsprechend den Entwicklungsperioden der Erde selbst, entwickelt haben, in welcher Weise endlich die Versteinerungen selbst sich bildeten? Wer unter andern lehrreichen und interessanten Anstalten das prachtvolle und reiche British Museum in London besuchte, dem werden sich ähnliche Fragen, wie bei dem Beschauen der alt-egyptischen Denkmäler oder der ausgegrabenen, mannigfach lehrreichen Ruinen von Xanthus, Niniveh u. s. w. in den untern Säälen, so beim Eintritt in die obern Sääle jener Schatzkammer für Kunst und Wissenschaft, wo sich eine reiche Menge von Versteinerungen urweltlicher Pflanzen und Thiere, aus allen Schichten der Erdrinde gesammelt und aus allen Erdtheilen zusammengetragen, befindet, aufgedrängt haben. — Versuchen wir denn auch hier, uns ein flüchtiges Bild jener Welten zu entwerfen und die Antwort auf obige Fragen zu liefern.

Was ist überhaupt unter einer Versteinerung zu verstehen? Die Bildungsgeschichte derselben ist nach Umständen eine sehr verschiedene. Nur in den seltensten Fällen ist die einst organisirte Substanz selbst in Folge chemischer Metamorphosen in eine steinähnliche Masse übergeführt; nur die schon oben erwähnte Steinkohle, der Anthracit und Graphit haben in dieser Weise ihre Entstehung gefunden. In den bei Weitem meisten Fällen stellt uns die Versteinerung nur einen Abguß der enist vorhandenen organischen Form dar und sie entstand dadurch, daß die letztere von einer allmählig erhärtenden Masse incrustirt oder von einer solchen durchdrungen wurde. Dabei konnte dann ein Zweifaches Statt haben. Entweder schwand der incrustirte Körper in Folge einer allmähligen Auflösung und Zersetzung durch Wasser und Luft gänzlich,

oder es blieben Reste von ihm, die einer solchen Zersetzung nicht unterlagen, zurück. Im erstern Falle füllte sich der in der Kruste entstehende leere Raum allmählig mit in denselben eindringenden, allmählig erhärtenden Massen aus und die Versteinerung stellt jetzt nur den Abguß der einst dagewesenen organischen Form dar; im andern Falle blieben in der Kruste unvergängliche Theile des Organismus zurück und nur die rasch durch Verwesung u. s. w. geschwundenen, ausgelaugten Theile wurden durch neue, aus eindringendem Wasser sich niederschlagende Massen ersetzt. So finden sich viele Muscheln erfüllt von kohlensaurem Kalk, Kieselerde u. s. w., die Schaalen selbst sind aber erhalten und von der incrustirenden Masse umgeben. Oft sind dabei die ursprünglichen Formen auf das Deutlichste erkennbar. Knochen von Thieren oder Baumstämme, von kieselerdehaltigen Wassern durchdrungen, gleichen für das unbewaffnete Auge einer festen, dem Chalcedon oder Opal ähnlichen Steinmasse; jede kleinste Lücke in ihnen ist mit reiner oder mit Metalloxyden gemischter Kieselerde ausgefüllt; das Microscop weist aber dennoch in ihnen das zarteste Pflanzen- oder Knochengewebe nach, das also entweder erst nach und nach von einer allmählig erhärtenden Steinmasse verdrängt wurde, oder, wie in den Knochen, zum Theil auch noch in der Versteinerung existirt. Mannigfach sind die in dieser Weise entstandenen Formen der Versteinerung, mannigfach die Materialien selbst, welche die versteinerte Masse bilden. Oft aber handelt es sich auch gar nicht um derartige Abgüsse, Incrustationen und mit Mineralsubstanzen erfüllte (imbibirte) organische Formen, es sind vielmehr nur Eindrücke zurückgeblieben, welche dieselben in den allmählig niedergeschlagenen Sedimentgesteinen einst erzeugten. Die prachtvollen und bis auf die zartesten Blattnerven klar ausgeprägten Blattabdrücke, die im Kreidesandstein vorkommen, fanden in dieser Weise zum Theil ihre Entstehung. Oft finden sich wieder Abdrücke von Eindrücken, d. h. einstige Eindrücke erfüllende, erhärtete Steinmassen, eine Versteinerungsform, die uns z. B. in verschiedenen Sandsteinen die Fußspuren urweltlicher Thiere nachweist. Eine aufmerksame Prüfung der vielfachen, in Museen uns dargestellten Petrefacten wird diese verschiedenen Verhältnisse rasch und besser zum klaren Verständniß bringen, als die vielen, wenn auch trefflichen Abbildungen, mit denen unsere Lehrbücher und

populären geologischen Schriften heutigen Tages geschmückt werden. Auf solche unmittelbare Anschauung und Prüfung verweisen wir auch hier den nach mehr als oberflächlichen Begriffen strebenden Naturfreund.

Wo nun aber finden sich diese Versteinerungen, die stummen und doch so beredten Zeugen einstigen Lebens? Es wurde schon oben bemerkt, daß die plutonischen Eruptionsgesteine nie und nirgends Versteinerungen enthalten und kaum bedarf es noch einer besondern Erklärung dieser Thatsache. Stellen doch alle granitischen, porphyrartigen, basaltischen u. a. Bildungen nur erkaltete, einst aber feurig-flüssige Massen dar, in denen selbstverständlich kein organisches Leben sich regen konnte. Alle Organismen, die pflanzlichen, wie die thierischen, vom ausgebildeten Wirbelthier bis herab zur einfachsten Pflanzenzelle enthalten eiweißartige Verbindungen, theilweise in gelöster Form. Flüssiges Eiweiß aber gerinnt schon in einer Temperatur von 50—60° R. und ehe sich pflanzliche und thierische Organismen bilden konnten, mußte deshalb die Erdoberfläche schon eine bedeutende Abkühlung erfahren haben; ihre Temperatur durfte nicht über 50—60° R. betragen. — In der tiefsten Schicht der Sedimentgesteine, in den crystallinischen Schiefern finden wir ebenfalls noch keine Versteinerungen. Aber es wurde auch bereits erwähnt, daß sie zum großen Theil unter dem Einfluß des noch glühend heißen Silicatenmantels der Erde oder glühender Eruptionsmassen selbst entstanden; auch in ihnen konnten also keine organisirten, eiweißhaltigen Körper existiren. — In den die Schiefergruppe bedeckenden, sog. silurischen Schichten treffen wir dagegen Versteinerungen, und zwar die ersten, an. Die Grauwackengruppe und namentlich der obere Theil derselben ist schon reich daran, und von der Entstehungsperiode dieser datirt also auch die Existenz thierischer und pflanzlicher Organismen auf der Erde; — keine der höher hinauf folgenden und jüngern Schichten entbehrt derselben ganz.

Von der unendlichen Mannigfaltigkeit der urweltlichen Organismen haben wir erst in neuester Zeit einen Begriff bekommen. Brogniart, Graf Kaspar von Sternberg, Göppert u. A., die sich insonderheit um die Erforschung der fossilen Vegetabilien bekümmert haben, Cuvier, Agassiz, Bronn, Römer, Quenstedt u. A., die sich vorzugs-

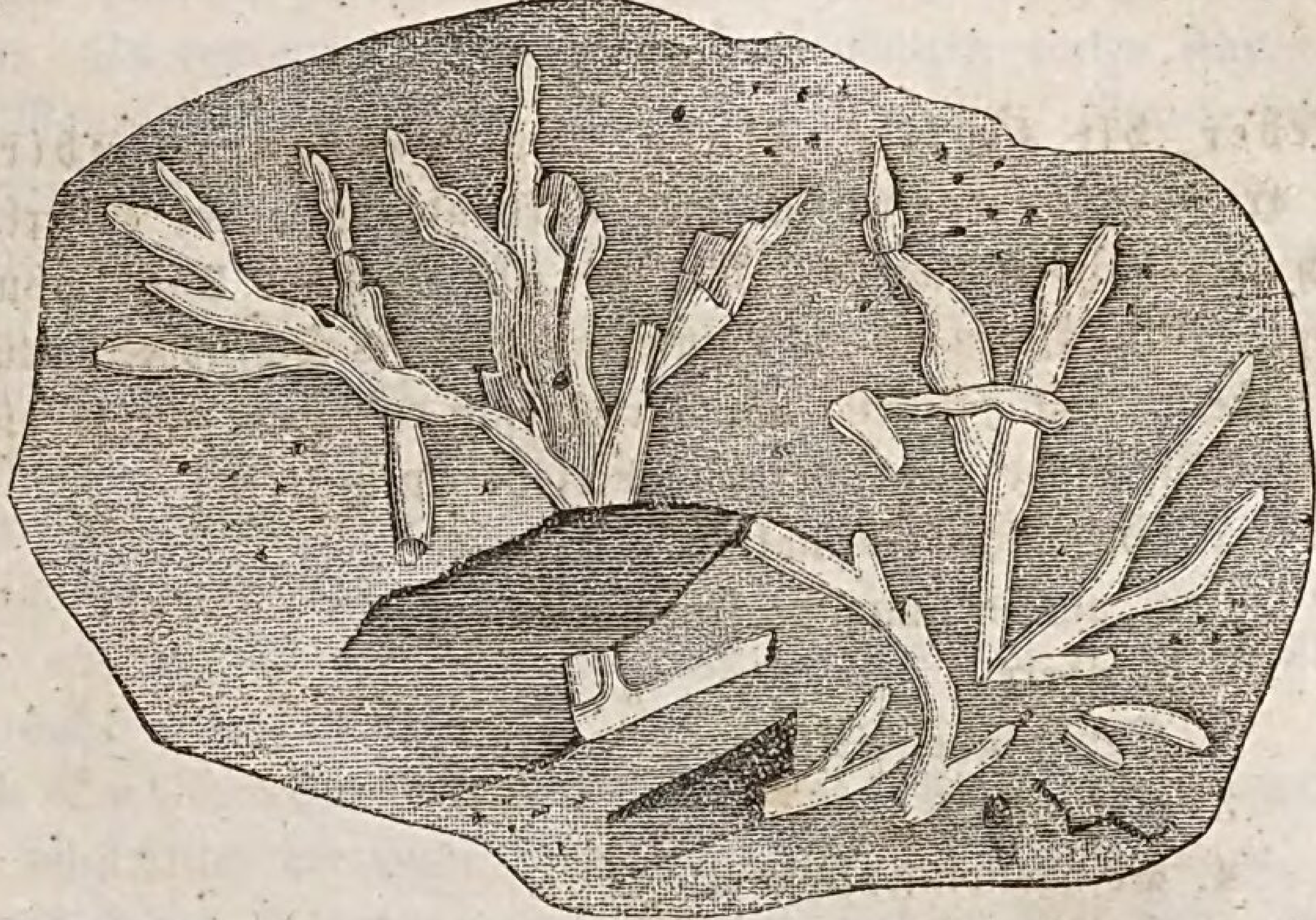
weise dem Studium der urweltlichen Thiere zuwandten, haben unsre Kenntnisse in dieser Beziehung bedeutend erweitert. Von den freilich unter allen fossilen Pflanzengattungen am häufigsten vorkommenden Farrn sind schon über 560 Arten bekannt; gegen 2400 fossile Pflanzenspecies (Bronn zählt 2368 Arten auf) kennt man überhaupt; Agassiz zählt 1700 Arten fossiler Fische und die Menge bekannter fossiler Thierspecies überhaupt mag sich auf 26—28000 belaufen. Interessanter aber noch als das Mengenverhältniß ist die allmählig gewonnene Kenntniß von dem Vorkommen und der Verbreitung der einzelnen Pflanzen- und Thierspecies in den verschiedenen Schichten der Erdrinde. Sie hat zu der Entwicklung bedeutungsvoller und für die Schöpfungsgeschichte überaus wichtiger gesetzlicher Verhältnisse geführt; diese allein wollen wir hier einer nähern Erörterung unterziehen.

Im Allgemeinen hat es sich mit Bestimmtheit herausgestellt, daß je tiefer in den Erdschichten gelegen, desto verschiedener die urweltlichen organischen Bildungsformen von denen der Gegenwart sind. Die meisten derselben sind gänzlich ausgestorben und fast nur von den in jüngern Schichten gefundenen Species finden sich noch einzelne unter den lebenden Arten. Die älteste Fauna und Flora zeichnete sich ferner aus durch größere Einfachheit der Formen, durch den Mangel höher entwickelter Organismen; erst in den tertiären Schichten begegnen wir Repräsentanten von allen Ordnungen der gegenwärtigen Pflanzen- und Thierwelt, erst hier finden wir die Classe der Säugethiere und die blüthentragenden dicotyledonen Gewächse in größerer Anzahl vertreten. Was dagegen den tiefern Schichten und deren Versteinerungen an Mannigfaltigkeit der Form noch abgeht, ist zum Theil durch eine colossale Entwicklung der einzelnen Individuen gewissermaßen ersetzt. Der damalige übergroße Reichthum an Bildungsmaterial, die namentlich die Entwicklung der Pflanzen begünstigende Beschaffenheit der Atmosphäre, ihre hohe Temperatur, ihr Reichthum an Kohlensäure u. s. w., sie alle bedingten es, daß sich heutigen Tages und in unsern Gegenden nur kümmerlich entwickelnde organische Lebensformen zu riesigen Größen ausbildeten. — Durchlaufen wir in Kürze von unten herauf die einzelnen Schichtgesteine und deren Versteinerungen und die aufgestellten Verhältnisse werden uns in klarster Weise entgegentreten.

Was zunächst das Pflanzenreich betrifft, so finden sich in den tiefern Schichten der Grauwacke verhältnißmäßig weniger Pflanzen- als Thierreste. Immerhin finden sich aber doch einige, die dann bis zum Rothliegenden hinauf an Menge und Größe so sehr zunehmen, daß die mächtigen Steinkohlenlager aus ihrem Untergang hervorgehen konnten. Die sämmtlichen, noch jetzt vorkommenden Pflanzen theilt man nach dem Jussieu'schen natürlichen System bekanntlich ein in die Akotyledonen (Linnée's Cryptogamen), Monocotyledonen und Dicotyledonen. Die erstern, die am wenigsten entwickelten, tragen keine deutlichen Blüthen und Saamen und pflanzen sich durch sog. Keimzellen oder Sporen fort; zu ihnen gehören die Algen, Flechten und Pilze, die man auch unter dem Namen der Zellenpflanzen (Plantae cellulares) zusammenfaßt, und die Farrn, Schachtelhalme und Bärlappen oder Lycopodiaceen, welche jenen gegenüber als die einfachsten und unvollkommensten Gefäßpflanzen zu bezeichnen sind. Die Monocotyledonen (Pflanzen mit einem Saamenlappen) stellen schon höhere Entwicklungsformen dar, und zeichnen sich durch ihre parallel laufenden Blattnerven aus; es gehören zu ihnen die Gräser, die Liliaceen, die Bromelien, die Palmen, die Orchideen u. s. w. Die Dicotyledonen endlich, die durch den doppelten oder mehrfachen Saamenlappen und ihre netzförmigen Blätter charakterisirt sind, sind die höchst entwickelten Pflanzenformen; die große Mehrzahl der jetzt existirenden Gewächse gehört zu ihnen. Fragen wir nun, welchen von diesen Ordnungen wir in den tiefsten Erdschichten begegnen, so sind es ausschließlich die blüthenlosen Acotyledonen; es sind wenige Algen, Lycopodiaceen und höher hinauf Equisetaceen (Schachtelhalme) und Farrn, welche uns in den silurischen und devonischen Schichten, ja selbst noch in der Steinkohlenschichte entgegentreten. In den untern und obern silurischen Schichten finden sich nur die niedrigsten Pflanzenformen, die zu den Algen gehörigen und nur

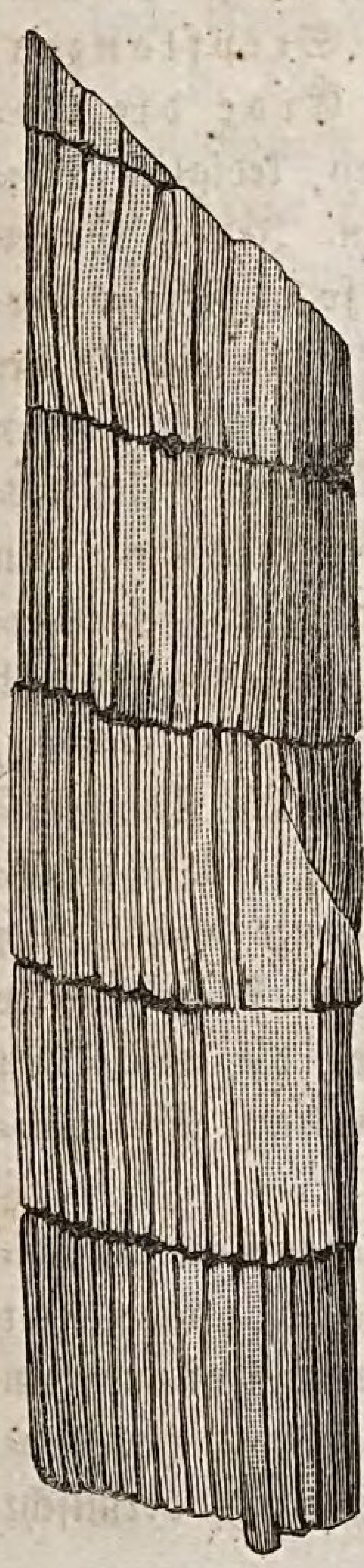
im Wasser wachsenden Fucoideen (Fig. 1); in den devonischen Schichten kommen schon Schachtelhalme (Fig. 2), Farrn u. s. w. aber nur

Fig. 1.



Fucoidee aus den obern silurischen und devonischen Schichten (Chondrites antiquus Sternb.). Fundort: Winningen in der Nähe von Coblenz.*)

Fig. 2.



Equisetacee: Calamites transitionis (Goeppert) aus dem Kohlenkalk und der jüngern Grauwacke (in Schlesien, Sachsen, am Harz u. s. w.)**)

*) Die doppelt große Originalzeichnung befindet sich in Goeppert's Untersuchungen über die fossile Flora des Uebergangsgebirges (Nov. act. acad. C. L. C.)

**) Die Originalzeichnung findet sich in Goeppert's fossiler Flora des Uebergangsgebirges (Nov. act. acad. C. L. C.)

spärlich vor;*) in der Steinkohle tritt dagegen ein großer Reichthum an Arten der Acotyledonen hervor und es finden sich hier Farrn

---

*) „Ueber die fossile Flora des Uebergangsgebirges“ hat Dr. H. R. Goeppert in den Verhandlungen der kaiserl. leopoldinisch carolinischen Academie Bd. 22 eine treffliche Untersuchung niedergelegt. Wir können es nicht unterlassen, seine Schlußbetrachtungen hier mitzutheilen und schicken zum Verständniß derselben nur so viel voraus daß der Verfasser die Uebergangsperiode eintheilt in:

1. Silurische Formation.
   a. untere silurische Formation,
   b. obere „ „
2. Devonische Schichten.
3. Kohlenkalk.
4. Posydonomienschiefer.
5. Jüngere Grauwacke.

Es heißt in dem bezeichneten Werke pag. 278 folgendermaßen:

1. Landpflanzen fehlen in den ältesten oder silurischen Schichten, wie die in dieser Hinsicht ganz besonders werthvollen Forschungen der amerikanischen Geologen für Amerika nachgewiesen haben. Seepflanzen, und zwar Fucoiden, beginnen auf unserer Erde die Vegetation. Sie lebten zugleich mit den ersten Thieren, lediglich Meeresbewohnern, wie Zoophyten, Muscheln und Crustaceen. Jedoch können wir nicht behaupten, daß diese erste Vegetation sich so auffallend verschieden von der unsrigen zeigte, wie dies von der Landvegetation der Steinkohlenformation im Vergleich zu der gegenwärtigen gesagt werden muß. Eben so wenig gehören jene Algen den niedrigsten Bildungsstufen dieser Pflanzenfamilie an, sondern vielmehr den höchsten, den Florideen und Fucaceen. Schwerlich waren diese jedoch einst vorhanden; viele Arten werden wir noch finden und eine unendliche Anzahl ist uns nicht erhalten, sondern vor der Einschließung zersetzt worden, lieferte vielleicht den Kohlenstoff, den wir in den schwarzen Thon-Anthracitschiefern oder gar im Graphit antreffen. So hält z. B. Forchhammer es für gar nicht unwahrscheinlich, daß der ganze Gehalt von Kohle, Schwefel und Kali, welcher im skandinavischen Alaunschiefer vorkommt, von einer ungeheuern Menge Algen herrühre, die, mit Thon gemischt, sich in solchem Umfange, wie etwa unsere heutigen Sargasso-Meere ablagerten.

2. In Amerika wie in Europa treten die ersten Landpflanzen (in den devonischen Schichten) und zwar nur sehr vereinzelt auf, beginnen jedoch schon mit bekannten Familien und Gattungen der Steinkohlenflora (Lycopodiaceen, Filices, Sagenarien, Calamiten und Asterophylliten), vermischt

mit Seepflanzen (Fucoiden), welche letztere gewisse Schichten, wie die der Cypridinenschiefer, vielleicht ausschließlich einnehmen.

3. Im Kohlenkalk sind die Pflanzen schon zahlreicher. Fucoiden scheinen zu fehlen, wenigstens sind sie bis jetzt noch nicht gefunden. Zu den vorhin genannten Landpflanzen treten Farrn in größerer Mannigfaltigkeit hinzu, wie auch Stigmarien, Sigillarien, Noeggerathien und Coniferen, letztere zum Theil ohne Jahresringe. Bei der geringen Zahl der Farrn läßt sich das Vorherrschen der Neuropteriden wahrnehmen, was auch in den jüngern nächstfolgenden Abtheilungen des Uebergangsgebirges der Fall ist. Nächst ihnen treten die Sphenopteriden zuerst hier auf. Pecopteriden erscheinen erst in den folgenden jüngern Schichten. Die beiden letztern, mit den noch lebenden Gattungen innigst und nach allen Richtungen verwandt, treten jedenfalls später als die Neuropteriden auf, die mit den jetzt lebenden Arten weniger nahe verwandt sind.

4. Die Flora des Posidonomienschiefers ist von der der jüngern Grauwacke hinsichtlich der Gattungen und Arten wenig verschieden, ja selbst in verschiedenen Gegenden, wie am Harz und in Schlesien, haben sie mehre Arten gemeinschaftlich. Fucoiden fehlen gänzlich, Equiseten, namentlich Calamiten, Farrn, insbesondere die Gruppe der Neuropteriden und Sphenopteriden herrschen vor (Pecopteriden sind nur durch ein paar Arten vertreten).

5. Die größte Verbreitung unter den bis jetzt bekannten Landpflanzen haben Calamites transitionis Goepp., C. Roemeri Goepp. Sagenaria Veltheimiana Presl., welche also wohl recht eigentlich als Leitpflanzen für die jüngern Schichten der Uebergangsformation, in denen die Landpflanzen beginnen, betrachtet werden können.

6. Die Gesammtzahl sämmtlicher in den verschiedenen Schichten des Uebergangsgebirges bis jetzt entdeckten Arten, incl. 7 gewiß verschiedener, aber nur fragmentarisch erhaltener Arten, so daß sie nicht charakterisirt werden konnten, beträgt 136, welche folgenden Familien angehören:

	Fucoiden	28	Arten
	Equiseten	15	„
	Asterophylliten	4	„
Filices	Sphenopteriden	16	„
Filices	Neuropteriden	10	„
Filices	Pecopteriden	3	„
	Noeggerathien	8	„
	Lycopodiaceen	40	„
	Sigillarien	5	„
	Cycadeen	2	„
	Stigmaria	1	„
	Coniferen	4	„
		136.	

(Filiceen) (Fig. 3 u. 4), Schachtelhalme (Equisetaceen) (Fig. 5), Bärlappen (Lycopodiaceen) u. s. w. zu einer Größe und Mächtigkeit ent-

Fig. 3.



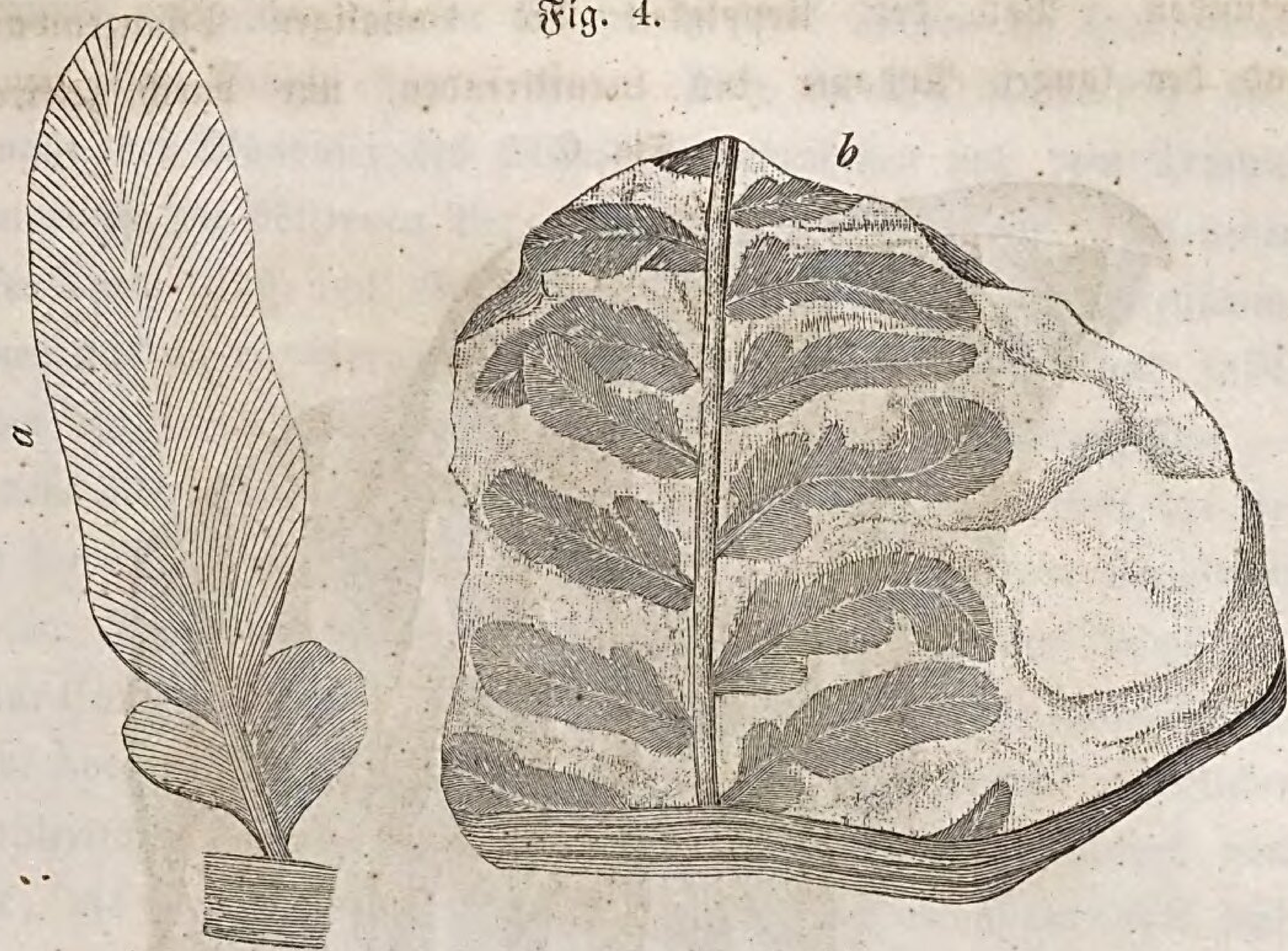
Felicee. — Pecopteris abbreviata (Brogn.) aus dem Kohlenschiefer von Hermsdorf bei Waldenburg.*) (Natürl. Größe.)

Sämmtliche Hauptfamilien der Kohlenformation, mit alleiniger Ausnahme der auch in dieser Formation nur sparsam beobachteten Palmen, sind unter ihnen vertreten. Hieraus geht nun allerdings wohl hervor, wie auch Brogniart schon behauptete, daß in der langen Periode von dem ersten Erscheinen der Vegetation der Erde bis auf den rothen Sandstein, der die Steinkohlen bedeckt, keine wesentliche Verschiedenheit in der Vegetation in den verschiedenen Schichten gefunden werde. Es sind, setze ich hinzu, fast überall dieselben Gattungen, aber mit äußerst wenigen Ausnahmen nicht dieselben Arten.

Vorläufig glaube ich, daß sich die aus den vorstehenden Sätzen ganz unverkennbar ergebende Reihenfolge in der Entwicklung der Vegetation auch noch ferner bestätigen werde. —

*) Nach der Natur gezeichnet. Das Original befindet sich in der Privat-Sammlung des Hrn. Kammerherrn von Witzleben in Oldenburg.

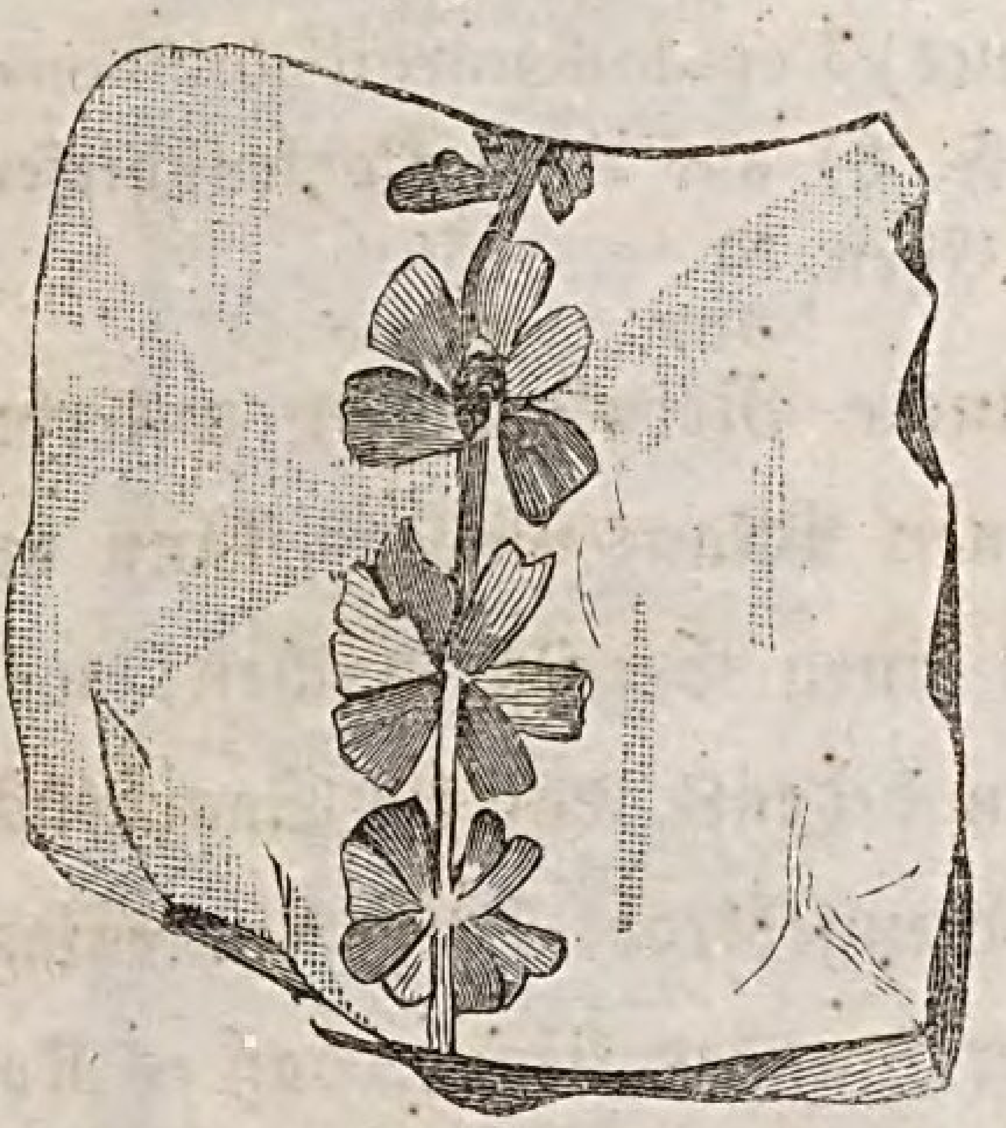
Fig. 4.



Filicee. — Odontopteris Sternberg (?), aus dem Kohlenschiefer bei Berschweiler.
a. Blatt in natürl. Größe. b. 1/3 d. natürl. Größe. *)

wickelt, von welcher wir heutigen Tages kaum einen Begriff haben.

Fig. 5.



Equisetacee. Rotularia marsileaefolia aus dem Kohlenschiefer vom Piesberg bei Osnabrück. **)

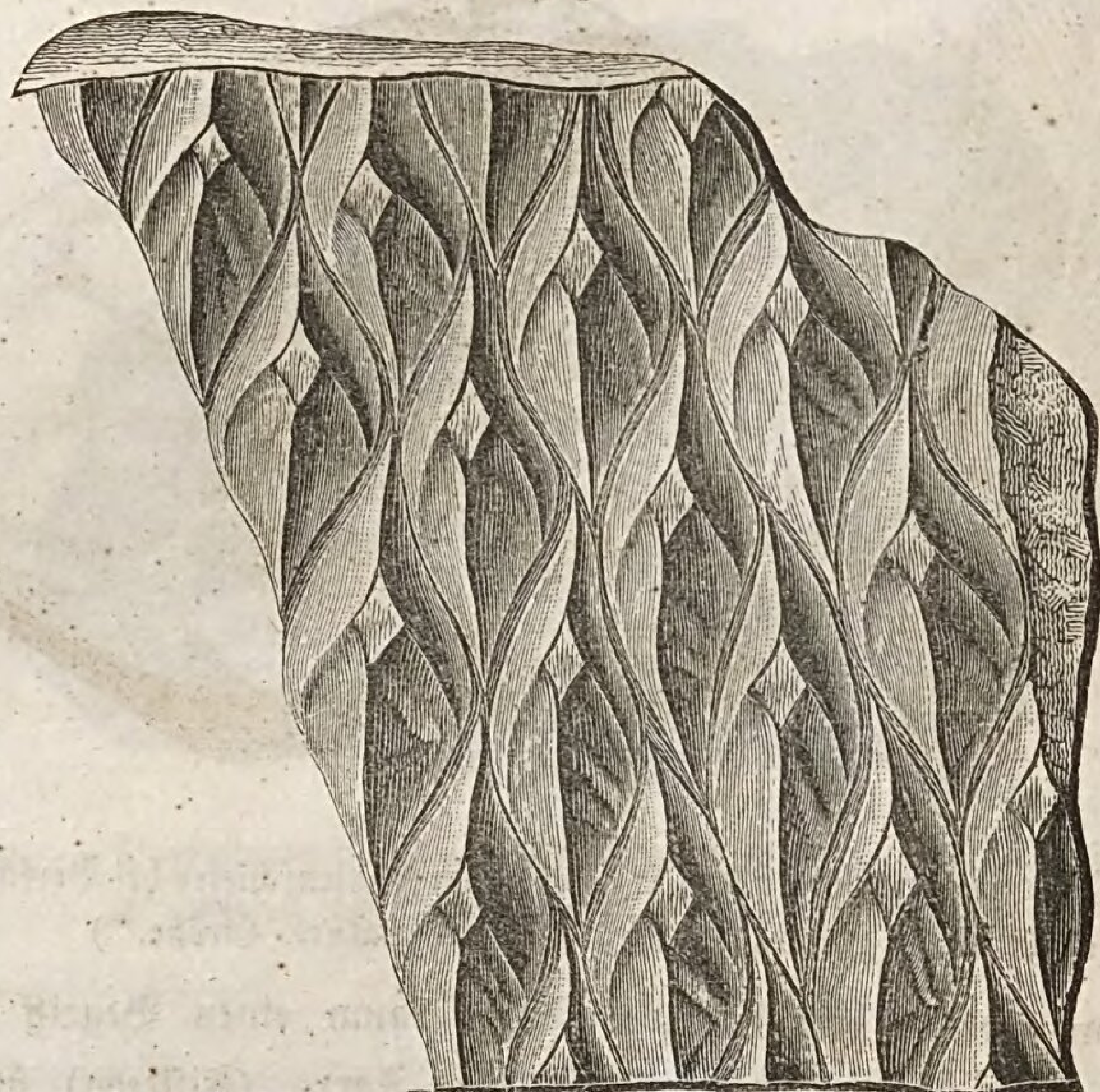
Unter den Farrn (Filiceen) sind die Neuropteriden, Sphenopteriden und Pecopteriden ausgezeichnet; unter den Lycopodiaceen die Lepidodendren (Fig. 6) und Sigillarien, welche letztere auch von Einigen als besondere Familie betrachtet werden (Fig. 7). Auch Nadelhölzer (Coniferen), welche zu den nacktsaamigen Dicotyledonen gehören, und einzelne monocotyledone Palmen nehmen schon an der Bildung der Steinkohlenschicht einen nicht unbedeutenden Antheil. Andere Dicotyledonen sind aber bis dahin in derselben nicht auf-

*) Nach der Natur gezeichnet. — Das ausgezeichnet schöne Original befindet sich im großherzogl. oldenburg. Museum.

**) Nach der Natur gezeichnet. — Natürl. Größe. — Das Original befindet sich in der Sammlung des Hrn. Kammerherrn v. Witzleben in Oldenburg.

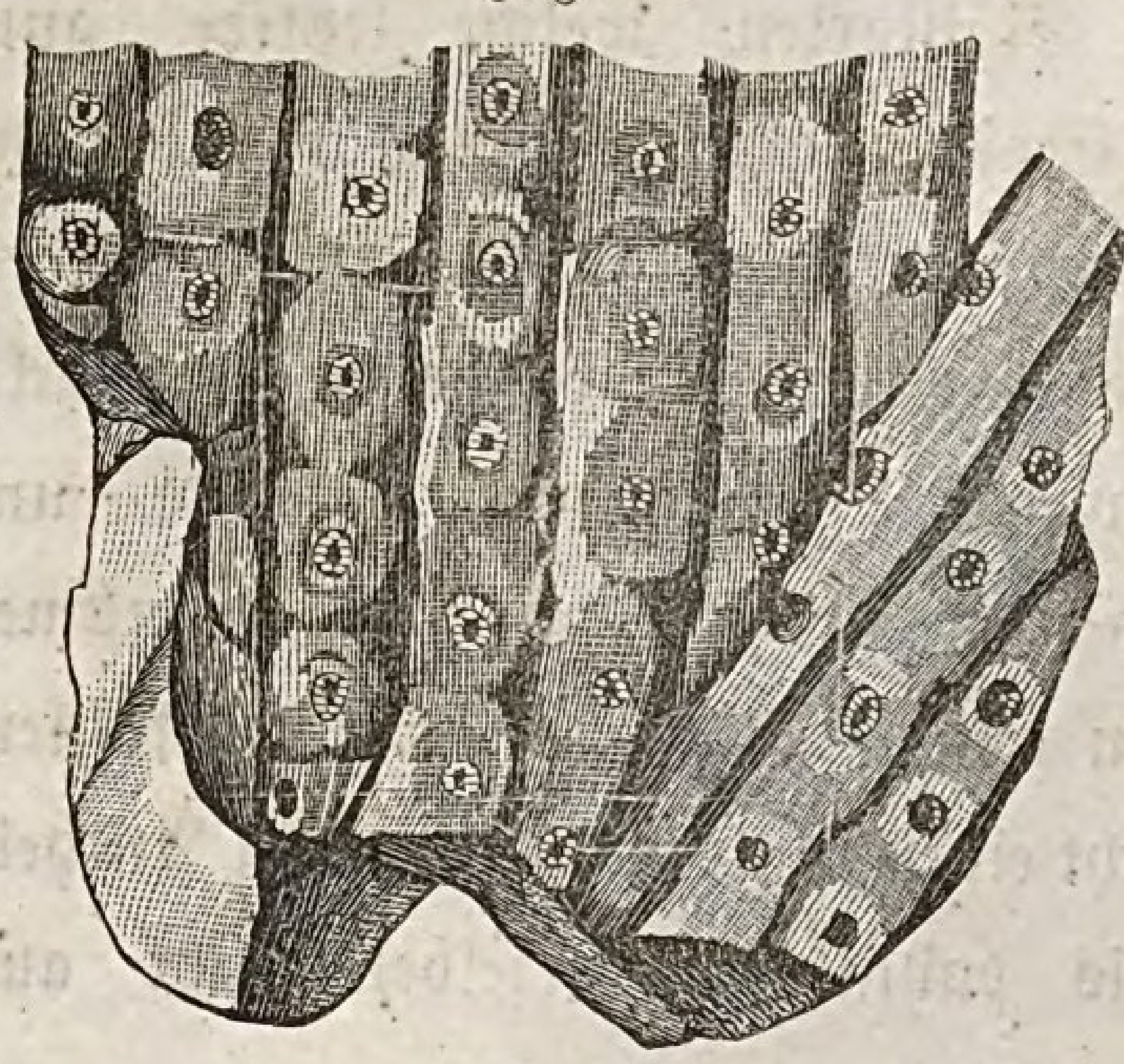
gefunden. Von der Ueppigkeit des damaligen Pflanzenwuchses und der langen Andauer des luxuriirenden, nur durch zeitweilige

Fig. 6.



Sagenaria Goeppertiana. (Rinde des Stammes) Lepidodendron confluens? nach Bronn (Lethaea geogn. Taf. VI. F. 8) aus dem Kohlenschiefer von Himmelsfürst bei Essen. *)

Fig. 7.



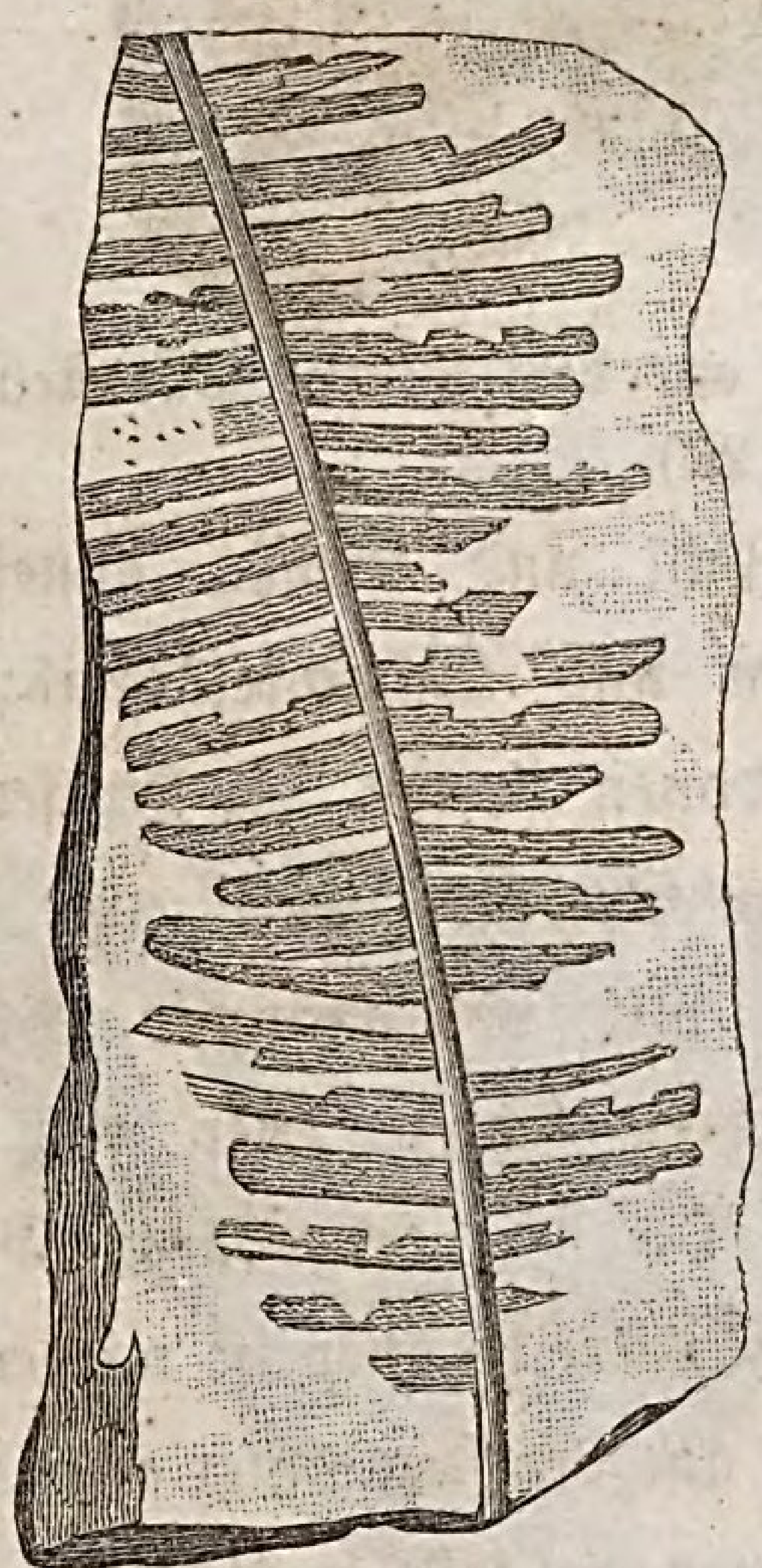
Sigillaria (Rinde des Stammes), aus dem Kohlenschiefer von Waldenburg in Schlesien (s. N. *) a. f. S.).

kleinere Revolutionen unterbrochenen Pflanzenlebens kann man sich einen Begriff machen, wenn man bedenkt, daß im Saarbrücker Kohlengebirge 120 Kohlenlager übereinander liegen, daß es Kohlenflötze von 30, ja zu Johnstone in Schottland von 50 Fuß Mächtigkeit giebt, während in der Waldregion unserer gemäßigten Zone nach Chevandier's Berechnung die Kohle, welche die Waldbäume eines gegebenen Flä-

†) Nach der Natur gez. — Natürl. Größe. — Das Original befindet sich in

chenraums enthalten, diesen Raum in 100 Jahren im Durchschnitt nur mit einer Schicht von 7 Linien Dicke bedecken würde. **) Nur die nahe der Mündung des Mississippi gefundenen und vom Admiral Wrangel als die hölzernen Berge des sibirischen Eismeers beschriebenen Massen durch Flüsse und Meeresströme zusammengetriebener Holzstämme mahnen uns an die Vorgänge, welche in den Binnenwässern und Inselbuchten der Vorwelt die Erzeugung der Steinkohlenlager veranlaßten. — Mit dem Reichthum der Vegetation dieser Periode contrastirt die Armuth der Pflanzenformen in der Zechsteingruppe oder dem Permischen System. Auch hier finden sich nur noch Farrn, Schachtelhalme und einzelne Coniferen; ihre Menge ist aber gering; eine große Umwälzungsperiode documentirt sich hier in dem Erlöschen eines reichen pflanzlichen und thierischen Lebens. Auch in der Trias ist die Flora überall noch ärmer, als zur Zeit der Steinkohlenperiode; in dem Muschelkalk fehlt es fast ganz an fossilen Pflanzen. Farrn finden sich noch in vorwiegender Zahl, Equiseten finden sich in der zum Keuper gehörigen Lettenkohle, neben ihnen mehren sich aber die Nadelhölzer und die zwischen ihnen und den Farrn in der Mitte stehenden Cycadeen. Diese bilden oft kurze, dicke, gedrängte, oft 60 Fuß hohe Stämme, die ungeästelt sind und an der Spitze einen Schopf gefiederter, zäher, lederartiger Blätter tragen (Fig. 8). Die Familie der Tannen findet sich in dem bunten Sandstein durch die Albertia vertreten (Fig. 9); die zu den nacktsaamigen Dicotyledonen gehörige Familie der Cypressen, durch die Gattung Voltzia. In den Jurassischen Schichten

Fig. 8.



Cycadee. Pterophyllum Jaegeri. Aus dem „Schilf-Sandstein" (Keuper) Stuttgardts. ***)

der Privatsammlung des Hrn. Kammerherrn v. Witzleben in Oldenburg.

*) Nach der Natur gez. — Natürl. Größe. — Das Original befindet sich in der Sammlung des Hrn. Kammerherrn v. Witzleben in Oldenburg.

**) S. Kosmos I. pag. 295.

***) Copie (1½ Größe). Die Originalzeichnung befindet sich in Bronn's Lethaea Taf. XII. Fig. 1.

nimmt die Vegetation wieder einen geringen Aufschwung. Die nacktsaamigen Cycadeen (Fig. 10) und Coniferen gewinnen das Uebergewicht über

Fig. 9.



Albertia latifolia (Zweig mit Blättern) aus dem bunten Sandstein (s. N. *) a. S. 128).

Fig. 10.

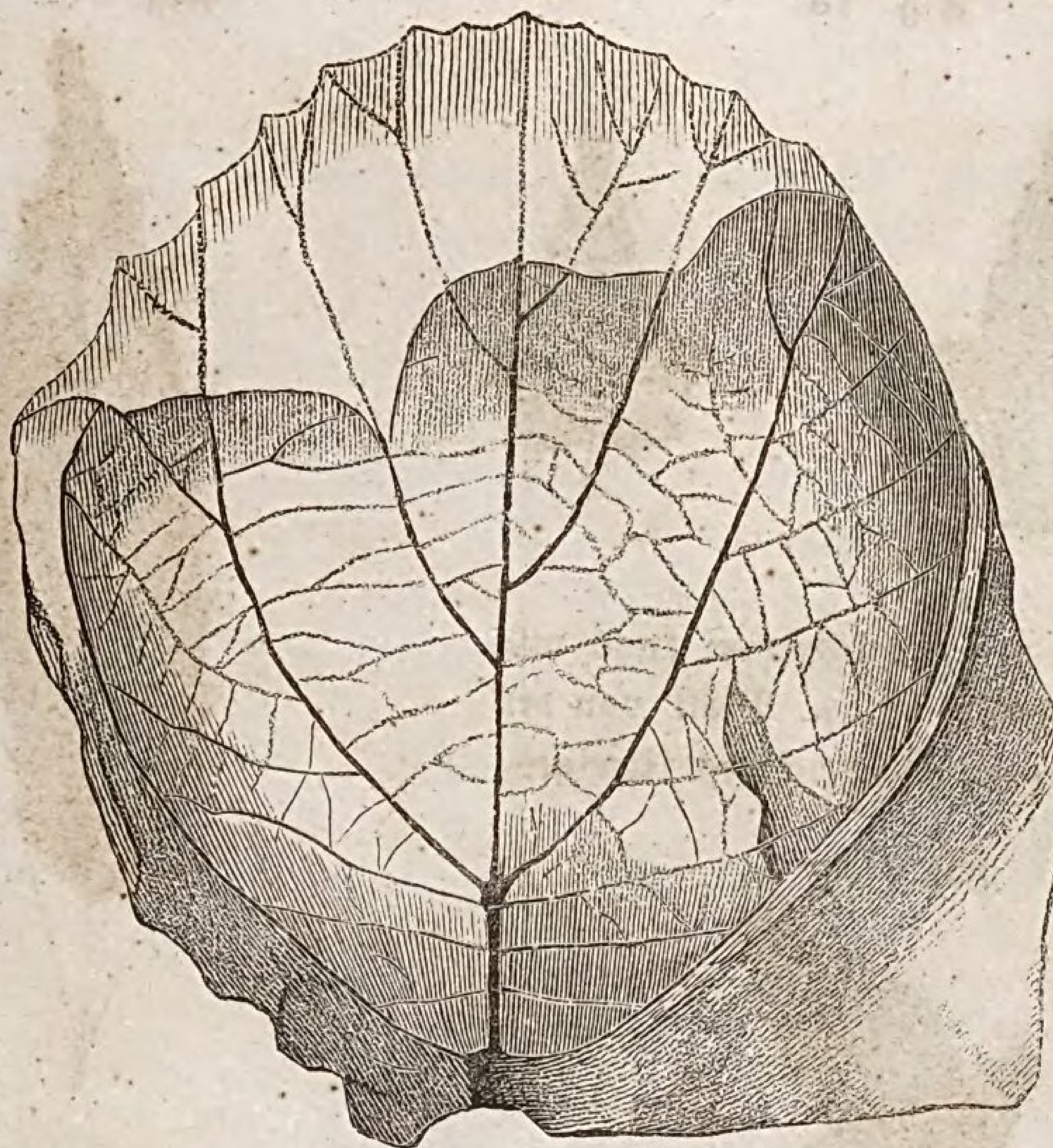


Cycadee. Zamia pectiniformis (Aus den Juraschiefern von Stonesfield (s. N. **) a. S. 128).

die an Zahl und Größe abnehmenden Farrn und Schachtelhalme; von Monotyledonen treten die Gräser und rohrartigen Gewächse auf; echte Dicotyledonen mit vollkommnen Blüthen und Früchten fehlen aber auch hier noch. — Die die secundären Gebilde abschließende Kreide aber ist wieder arm und wohl am ärmsten unter allen Sedimentgesteinen an fossilen Pflanzen. Die aufgefundenen sind namentlich einige Meerespflanzen, Najaden, und außerdem Cycadeen, Cypressen und Tannen; Farrn kommen selten vor; einige aufgefundene Blätter und Früchte (von Weiden und Birken) können als erste Anfänge der

Dycotyledonen betrachtet werden. Sehr bekannt unter letztern sind die Blätter der Credneria (Fig. 11).

Fig. 11.



Blatt der Credneria denticulata aus dem Quadersandstein bei Blankenburg (s. N. ***) a. f. S.).

Eine neue und mächtige, der der Steinkohlenperiode ähnliche Vegetation tritt uns dagegen in den Tertiärgebilden entgegen; in ihnen liegt eine Flora begraben, die an Formenreichthum diejenige der älteren Schichten bei Weitem übertrifft, die an Ueppigkeit noch mannigfach an die Steinkohlenperiode erinnert, in mancher Beziehung aber auch schon der heutigen Flora nahe kommt. Zu den Formen der Secundärgebilde gesellen sich jetzt zunächst die Palmen (Fig. 12) und später die

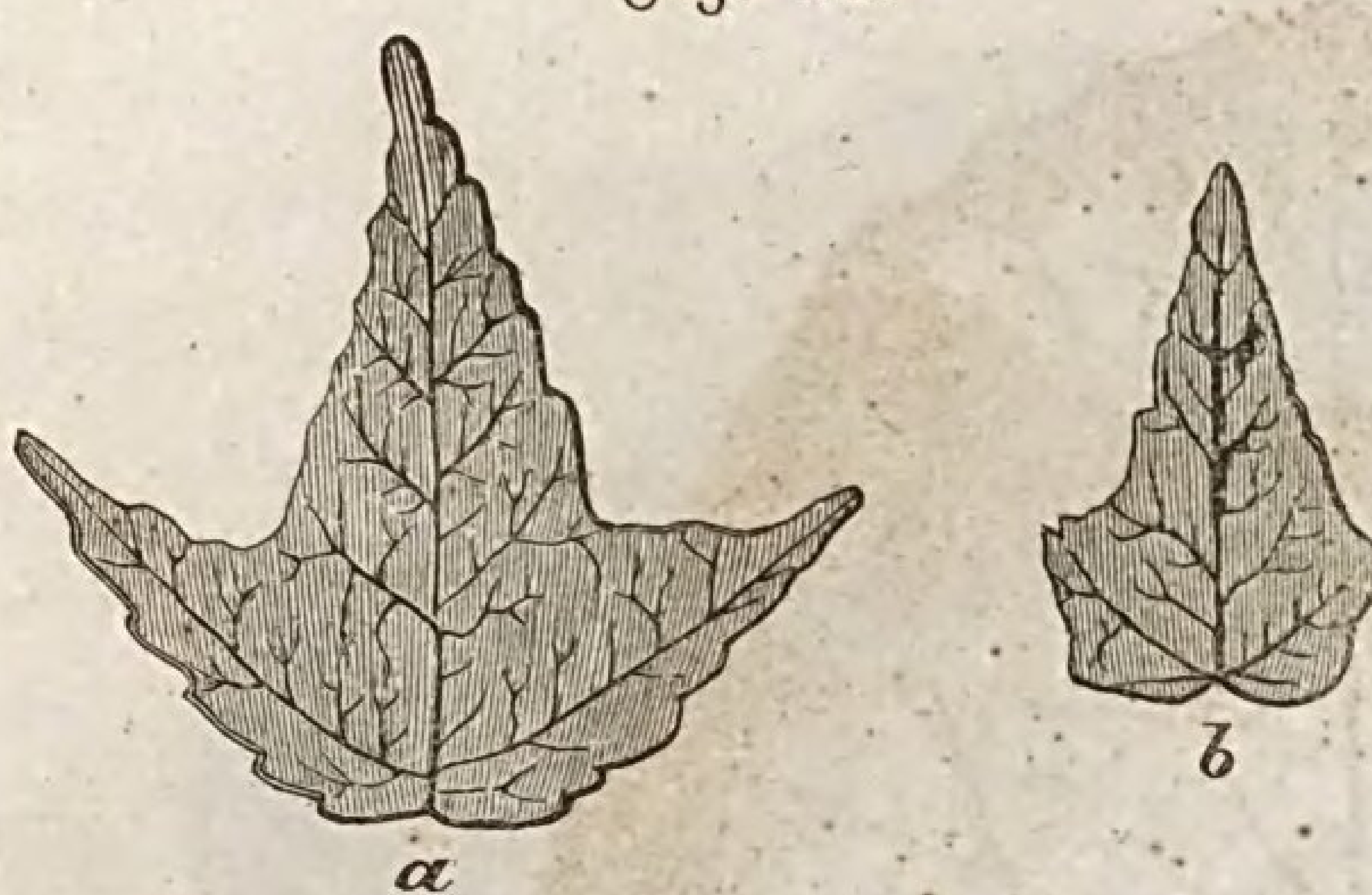
Fig. 12.



Palme. Blatt und Blattstiel von Flabellaria raphifolia (aus der Braunkohlen-Formation. Pariser Becken) s. N. †) a. f. S.

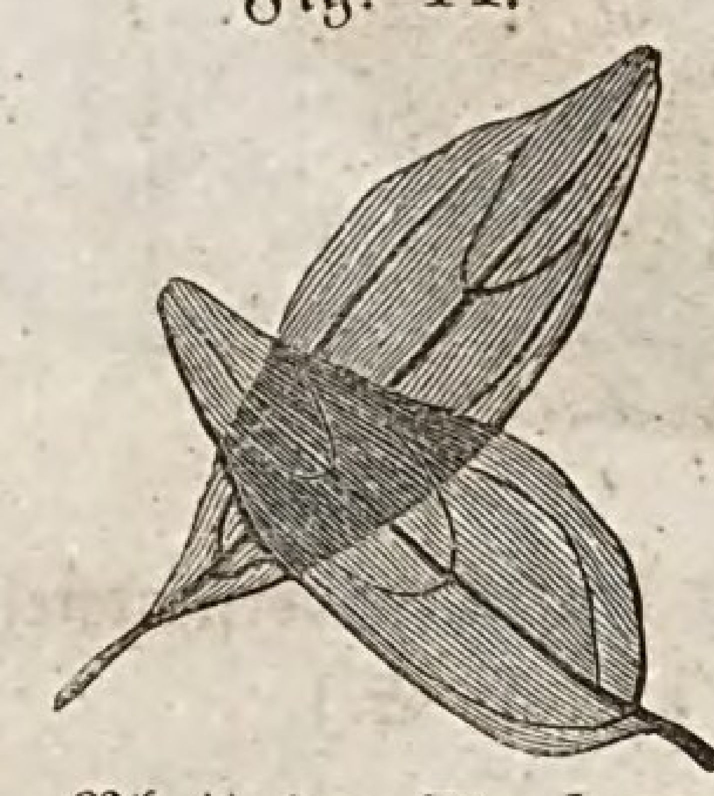
Ulmen, die Ahorne (Fig. 13), Lorbeern (Fig. 14), Eichen Fig. 15), Pappeln u. s. w., die Fichten und Tannen mehren sich bedeutend an Zahl; **†)

Fig. 13.



Ahorn-Blatt. Acer trilobatum (aus miocäner Braunkohle. ††) a. Blatt von der Basis, b. von der Spitze eines Zweiges.

Fig. 14.



Laurinee. Blatt der Daphnogene polymorpha (aus der Molasse). †††)

Fig. 15.



Eichen Blatt. Quercus drymeja (aus den Mergel-Schiefern der Braunkohlen-Bildungen). *†)

---

*) Copie in 1/2 Größe nach Goeppert: Monographie der fossilen Coniferen. Taf. 46. Fig. 2.

**) Copie (1/2 Größe). Die Originalzeichnung befindet sich in Bronn's Lethaea Taf. XIV. Fig. 10.

***) Nach der Natur gez. 1/2 nat. Größe. Das Original befindet sich im großherzogl. oldenb. Museum. Die punktirten Linien stellen eine Restauration nach Bronn (Lethaea Taf. XXVIII. Fig. 10) dar.

†) Copie 1/2 Größe (1/4 nat. Größe), nach Bronn (Lethaea geogn. Taf. XXXV. Fig. 2).

††) Copie (1/2 Größe), nach Bronn (Lethaea geogn. Taf. XXXV. Fig. 10.

†††) (Copie 1/2 Größe) nach Bronn (Lethaea geogn. Taf. XXXIV. 3. Fig. 2).

*†) Copie nach Bronn (Lethaea Tab. XXXIV. 3. Fig. 1) 1/2 Größe.

**†) Eine sehr interessante „Monographie der fossilen Coniferen,"

Laubhölzer von mehr oder minder tropischem Charakter finden sich in Menge. Manche Stämme der Braunkohlenlager weisen uns außerdem

---

eine von der holländ. Gesellsch. der Wissensch. zu Haarlem gekrönte Preisschrift, hat H. R. Göppert im Jahre 1850 geliefert.

Er weist zunächst nach, daß die Verbreitung der fossilen Coniferen im Allgemeinen viel ausgedehnter erscheine, als die der lebenden, indem sie auch an Orten im hohen Norden vorkommen, wo schon längst kein Baum oder strauchartiges Gewächs mehr gedeihe. Hinsichtlich des Vorkommens verschiedener Arten in den einzelnen Schichten der Erdrinde, so giebt er darüber, bei Zugrundlegung der nachstehenden Eintheilung der lebenden Coniferen, nachfolgende Mittheilungen:

Lebende Coniferen:

		Nördl. Hemisph.	Südl. Hemisph.
I. Cupressineen	Juniperus	37	—
	Widdringtonia	—	5
	Frenela	—	18
	Actinostrobus	—	1
	Callitris	1	—
	Libocedrus	—	3
	Biota	2	—
	Thuja	4	—
	Thujopsis	1	—
	Cupressus	9	—
	Chamaecyparis	6	—
	Taxodium	3	—
	Glyptostrobus	2	—
	Cryptomeria	1	—
		66	27
III. Abietineae	Pinus	113	1
	Larix	—	—
	Araucaria	—	6
	Dammara	1	1
	Cunninghamia	1	—
	Arthrotaxis	—	3
	Sequoia	2	—
	Sciadopitys	1	—
		118	11

nach, welch' riesenmäßige Dicke und hohes Alter einzelne Bäume erlangten. So wurde, wie uns Humboldt erwähnt, bei Bonn ein

---

		Nördl. Hemisph.	Südl. Hemisph.
III. Podocarpeae	Podocarpus	10	31
	Dacrydium	—	5
	Microcachrys	—	1
		10	37
IV. Taxineae	Phyllocladus	—	2
	Salisburya	1	—
	Cephalotaxus	4	—
	Torreya	2	—
	Taxus	6	—
		13	2
V. Gnetaceae	Gnetum	1	6
	Ephedra	17	4
		18	10

Von diesen Arten kommen in den verschiedenen durchforschten Steinkohlenlagern fast nur Abietineen und überall nur einige Arten derselben vor (ähnlich Araucaria, Dammara, Pinus). Im Zechstein treten Cupressineen mit der ihnen eigenthümlichen Gattung Ullmannia hinzu. Im Muschelkalk beobachtete man bisher nur Pinus ähnliche Arten. Der bunte Sandstein, auch noch andre Cupressineen enthaltend, zeichnet sich durch die, bis jetzt wenigstens nur in der fossilen Flora beobachtete Gattung Voltzia und durch die zu den Abietineen gehörigen Albertia und Füchselia aus. Im Keuper sehen wir außer Pinus und Araucaria zuerst Taxineen; in der Lias- und Juraformation außer Araucarien, in der letztern Pinus und Cupressineen (Thuja und Taxodium ähnlich); in der Wealdenformation kommen Cupressus ähnliche Formen vor.

Mannigfaltiger gestaltet sich die Coniferenflora in der Grünsandformation oder der vereinigten Kreideformation; Cunninghamia, Dammara kommen hinzu. In der Molasse finden sich fast aller jetztweltlichen Gattungen Repräsentanten, so wie Vermehrung durch die Gruppe der Gnetaceen. In dieser fast auf der ganzen Erde durchforschten Formation herrschen im Allgemeinen die Cupressineen vor, Araucarien fehlen auch nicht, die vereint mit kolossalen Ahornen und Palmen vollkommen ausreichten, der Gesammtvegetation ein von der an denselben Lokalitäten gegenwärtig vorhandenen fremdartiges, fast subtropisches Aussehen, ähnlich den in den südlichen Provinzen der vereinigten Staaten zu verleihen. Wenn wir aber erwägen, daß wir unsre ganze, etwa erst seit 6 Jahren

Stamm gefunden, in welchem Noeggerath 792 Jahresringe zählte; und im nördlichen Frankreich, unweit Abbeville sind im Torfmoor der

---

durch Bowerbank, Göppert, Hartig und Unger begründete Kenntniß dieser Flora nur einigen, weniger genau untersuchten Punkten Deutschlands und Englands verdanken, und damit die zahllosen oben angeführten Fundorte vergleichen, so geht daraus klar hervor, welcher unendlichen Erweiterung dieser Zweig der Wissenschaft noch fähig ist.

Als Gesammtresultat bisheriger Forschungen ergiebt sich:

1. Daß der Uebergangsformation nur 2 (in der S. 121 erwähnten Arbeit giebt der Verf. schon 4 an), in der Steinkohlenformation 9, dem Rothliegenden 1, dem Zechstein und bunten Sandstein je 7, dem Keuper 6, dem Lias 8, der Jura 11, der Wealdenformation 4, der Kreide dagegen schon 16 und der Braunkohlenformation eine gegen die übrigen Formationen unverhältnißmäßig große Menge, 130 Arten angehören. Die meisten sind in Europa gefunden worden, natürlich aus keinem andern Grunde, als weil man hier am meisten darnach forschte, kaum einige in Amerika, Asien, Australien und Afrika.

2. In den jüngern Formationen vermehren sich die Arten den ältern gegenüber rasch. Mit der Annäherung der vorweltlichen Floren an die der Gegenwart, welche bei der der Braunkohlenformation unstreitig am größten ist, nimmt mit der Zahl und Mannigfaltigkeit der Gattungen und Arten auch die Verbreitung und Ausdehnung der Familien in den verschiedenen Zonen der Erde zu. Unter den Gruppen der Coniferen selbst kommen die Abietineen in allen Formationen vor, die Araucarien unter ihnen gehen jedoch von der Steinkohlenformation nur bis zur Keuperbildung. Auch die Cupressineen fehlen fast nirgends und erstreckten sich selbst in die Steinkohlenformation, wenn die von Goeppert beschriebene und abgebildete Gattung Calycocarpus thujoides wirklich dahin gehört. Die Taxineen zeigen wenigstens nach Goeppert's Beobachtungen (Hartig spricht zwar sogar von Taxineen in der Steinkohlenformation), die beschränkteste Verbreitung, indem er sie bis jetzt nur innerhalb der Tertiärformationen antraf. Ob nun aber die fossilen Coniferen der jüngern Formation, insbesondere der Braunkohlenformation der wärmern Zonen unserer Erde, mit denen unserer Gegenden auf ähnliche Weise übereinstimmen werden, wie dies bei den Coniferen der Steinkohlenformation (zum Beweise der damaligen überall gleichmäßigen Temperatur auf der Erdoberfläche) der Fall ist, oder ob hier andere Gattungen auftreten, kann G. in Ermangelung desfallsiger Beobachtungen weder bejahen noch verneinen, möchte sich aber eher für das Letztere erklären, da entschieden wohl zur Zeit der jüngern Vegetationsperioden eine unsern gegenwärtigen klimatischen Verhältnissen ähnliche Vertheilung der Klimate und somit auch größere örtliche Verschiedenheiten in der Vegetation stattfanden.

Somme Eichen von 40 Fuß Durchmesser entdeckt. Die großen Mengen baltischen Bernsteins, die nach Goeppert's Untersuchungen von einer unserer Roth- und Weißtanne ähnlichen Conifere herstammten, legen ebenfalls einen Beweis ab von dem Reichthum des damaligen Pflanzenlebens. „Der Bernsteinbaum der Vorwelt (Pinites succifer)," sagt von Humboldt, „hatte einen Harzreichthum, welcher mit dem keiner Conifere der Jetztwelt zu vergleichen ist, da nicht bloß in und auf der Rinde, sondern auch im Holze nach dem Verlauf der Markstrahlen, die, wie die Holzzellen, noch deutlich unter dem Microscop zu erkennen sind, wie peripherisch zwischen den Holzringen große Massen Bernsteinharz, bisweilen weißes und farbiges zugleich, abgelagert sind." Eben dieser Bernstein der baltischen Küstenländer ist durch seine Einschlüsse von Thuja, Cupressus, Ephedera und Castania vesca aber auch ein sicherer Beweis, daß in jener Periode auch noch in unseren Gegenden ein tropisches Klima herrschte, abgesehen von den größeren sog. tropischen Pflanzenformen, die sich in den Braunkohlenlagern der gemäßigten Zone aufbewahrt finden. Insonderheit in den tiefern Schichten der Tertiärgebilde fehlt es auch nicht an acotyledonen oder kryptogamischen Landpflanzen; aber sie treten an Menge sehr zurück und wo sich hier Farrn, Schachtelhalme und Lycopodiaceen finden, haben sie schon ihre frühere colossale Form verloren und sich derjenigen Form und Größe genähert, welche sie noch heutigen Tages, insonderheit in den Tropenländern besitzen.

In dem Diluvium und Alluvium endlich begegnen wir fast nur noch Resten solcher Pflanzen, die noch jetzt lebend angetroffen werden. In ihnen haben diese Pflanzenreste, in ähnlicher Weise wie früher größere Stämme die Steinkohle und Braunkohle, die mächtigen Torflager gebildet, welche unsere Niederungen bedecken und uns ein fast unentbehrliches Brennmaterial liefern. Dieser Torf, das jüngste der kohlenartigen

---

3. Nicht eine einzige Art kommt in zwei verschiedenen Formationen zugleich vor und nur eine einzige Art: Pinites Pumilio (aus der Molasse) zeigt, wenigstens nach Maaßgabe der zum Vergleich vorliegenden Zapfen und blattlosen Zweige, mit der jetztweltlichen Pinus Pumilio völlige Uebereinstimmung. —

Gebilde, verdankt seine Bildung namentlich einem unscheinbaren Moose (Sphagnum) und entsteht durch freiwillige Zersetzung (Verwesung) bei unvollkommenem oder ganz abgeschlossenem Luftzutritt. Sauerstoff und Kohlenstoff treten aus der Verbindung der Pflanzen oder Holzfaser in der Form von Kohlensäure, Kohlenstoff und Wasserstoff in der Form von Kohlenwasserstoff (Sumpfgas) aus und das Rückbleibende wird relativ immer reicher an Kohlenstoff. So entstehen Holzerde, Heideerde, Moder, die überall einen Bestandtheil unserer Dammerde oder des Humus bilden. Auch die interessante Bildung untermeerischer Wälder, die aus Tannen, Buchen, Eichen u. s. w. bestehend, oft eine der Braunkohle ähnliche Beschaffenheit haben und in Folge einer Erhebung der Küsten von dem durch Flüsse angeschwemmten Schlamm begraben wurden, fällt in diese Periode. Alle Pflanzen aber, die uns in den jüngsten Gebilden der Erdrinde entgegentreten, finden sich auch noch in der gegenwärtigen Zeit unter den lebenden Arten; seit Jahrtausenden hat im Allgemeinen die Verbreitung und äußere Form der wesentlichsten Pflanzengattungen nur wenige Veränderungen erlitten.

Nach dieser allgemeinen Skizze wird es nicht schwer sein, einige charakteristische Merkmale der vorweltlichen Flora im Vergleich derselben mit der gegenwärtigen aufzufinden. Sie war zunächst ausgezeichnet durch die Production derjenigen Formen, die wir jetzt als die einfachsten, wenigst vollkommnen kennen, ließ diese Formen aber zu einer individuellen Entwicklung gelangen, die wir jetzt nur selten beobachten. Manche Arten sind ganz ausgestorben und bildeten gleichsam nur Zwischenstufen in der Entwicklung der Organismen; wir finden damals Uebergänge von einer Form zur andern, wie sie heutigen Tages nicht mehr existiren. So stehen z. B. die Lepidodendren zwischen den Coniferen und Lycopoditen, und L i n d l e y sagt von ihnen, daß sie eine bessere Uebergangsform von blüthenlosen zu blühenden Gewächsen bilden, als irgend ein andres Genus. *) — Hinsichtlich der äußern Form trug die älteste vorweltliche Flora den Charakter großer Einfachheit und Einförmigkeit. Die meisten Gewächse waren blüthenlos; die wenigsten trugen Früchte. Das Zusammenleben von Pflanzen, die jetzt nicht mehr

---

*) S. Kosmos I. pag. 294 u. 468.

ein und dasselbe Vaterland kennen, war ein anderweitiger Charakterzug der damaligen Flora. Coniferen und Palmen kommen vereinzelt schon in der Steinkohle, mehr aber in den untern Tertiärformationen fast immer zusammen vor, während wir sie jetzt nur in einzelnen Districten der temperirten Zone der südlichen Hemisphäre zusammenlebend vorfinden. *) Eine großartige Mannigfaltigkeit von Pflanzenformen tritt uns schon in der Braunkohlenperiode entgegen; in den obern Schichten der tertiären und jüngsten Formationen begegnen wir endlich der Flora der gegenwärtigen Zeit. Anfängliche größte Einfachheit der Formen bei zum Theil üppiger Ausbildung derselben, Hervortreten untergegangener Uebergangsarten von einer Species zur andern, allmähliges Aufsteigen von niedrigern zu höher entwickelten und den jetzt höchst entwickeltesten Formen sind die Hauptcharaktere der urweltlichen Flora. **)

Wir gedachten schon oben der Bedeutung, welche untergegangene Pflanzen und Wälder und deren allmählige Metamorphosen für die Gestaltung der Erdoberfläche hatten. Hier wollen wir noch an jenen Einfluß erinnern, welchen die Entwicklung eines so reichen Pflanzenlebens, wie es namentlich zur Zeit der Steinkohlenperiode Statt hatte, auf die Veränderung der Atmosphäre ausüben mußte. Nach unserer früheren Auseinandersetzung war die Atmosphäre in den ältesten Perioden der Erdbildung bei Weitem reicher an Kohlensäure, als gegenwärtig. Wir wissen aber, daß der Kohlenstoff ein Hauptbildungsmaterial der Pflanze und ihrer einzelnen Bestandtheile bildet; sie nimmt aus der Atmosphäre oder dem Erdboden die Kohlensäure auf, fixirt den Kohlenstoff derselben und giebt den Sauerstoff zum größten Theil an die Luft zurück. Verbrennen wir das Holz, die Steinkohle, die Braunkohle oder den Torf, so führen wir wieder eine Vereinigung des Sauerstoffs der Luft mit dem Kohlenstoff dieser Substanzen herbei und in der Form von Kohlensäure kehrt der letztere wieder in die Luft zurück.

---

*) Kosmos I. pag. 296.

**) Schouw giebt in seinen „Populären Naturschilderungen 1851" unter dem Titel „die Erde, die Pflanzen und der Mensch" drei lesenswerthe Artikel: „die Pflanzen der Vorwelt; Beiträge zur Geschichte der Pflanzen; und das Entstehen der jetzigen Pflanzenwelt." —

Welch' enorme Quantitäten von Kohlenstoff mußten nun aber der Atmosphäre entzogen werden, um jene mächtigen Urwälder zu bilden, die den oben geschilderten Steinkohlenlagern ihre Entstehung gaben! Dieser Kohlenstoff liegt noch jetzt zum größten Theil in der Tiefe der Erdschichten begraben, er kehrte nicht gleich dem Sauerstoff in die Luft zurück. Es mußte diese also stets ärmer und ärmer an Kohlenstoff oder Kohlensäure werden, und die Pflanzen wurden somit die Vermittler zur Herstellung einer für die jüngere Thierwelt respirabeln Atmosphäre. „Mit der Ablagerung von 10 Cubikzoll Splintkohle von Newcastle," berechnet v. Liebig,*) „sind der Atmosphäre 18,000 Cubikfuß Kohlensäure entzogen worden (Splintkohle = C_{24} H_{26} O); sie wurde um ein gleiches Volumen an Sauerstoff reicher, ihr Gehalt wurde ferner vergrößert um 4480 Cubikfuß Sauerstoff von dem zerlegten Wasser, dessen Wasserstoff diese 10 Cubikfuß Kohle enthalten." So steht keine Entwicklungsphase in der Geschichte der Erde und der sie bewohnenden organisirten Wesen isolirt da; eine jede derselben bedingte größere oder geringere Modificationen des Entwicklungsganges des Ganzen; wie die einzelnen Bildungsvorgänge und Lebenserscheinungen des individuellen Organismus, so stehen auch die Bildungsvorgänge unserer gesammten Erde und des sie umhüllenden Gasraumes in einem untrennbaren Zusammenhange.

Doch gehen wir zu der Betrachtung der allmählig sich entwickelnden thierischen Organismen über. Auch hier lassen sich durchaus ähnliche Gesetze auffinden, wie in der Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt.

In der Grauwackengruppe (dem untern und obern silurischen und dem devonischen System) begegnen wir zunächst nur Wasserthieren und unter diesen auch nur den niedrigsten oder wenigst entwickelten Arten. Um die Orientirung zu erleichtern, wollen wir in Kürze in Erinnerung bringen, daß das ganze Thierreich in zwei große Classen zerfällt: in die der Wirbelthiere und die der wirbellosen Thiere. Erstere zerfällt dann wieder in vier große Ordnungen: die Säugethiere, Vögel, Reptilien (Lurche) und Fische, letztere ebenfalls in mehre Ordnungen. Verschiedene

*) v. Liebig. Agriculturchemie pag. 25. 1843.

Zoologen theilen diese verschieden ab; ohne darauf jedoch hier einzugehen, wollen wir die folgende zum Anhalt nehmen:

I. Glieder- oder Kerbthiere.
  1. Insekten und Spinnen.
  2. Krustenthiere (Krebse, Krabben u. s. w.).
  3. Würmer.

II. Weichthiere, Mollusken.
  1. Kopffüßler (Cephalopoden) z. B. die Tintenfische.
  2. Schnecken (Gasteropoden).
  3. Kopflose Mollusken (Acephalen) z. B. die Auster.

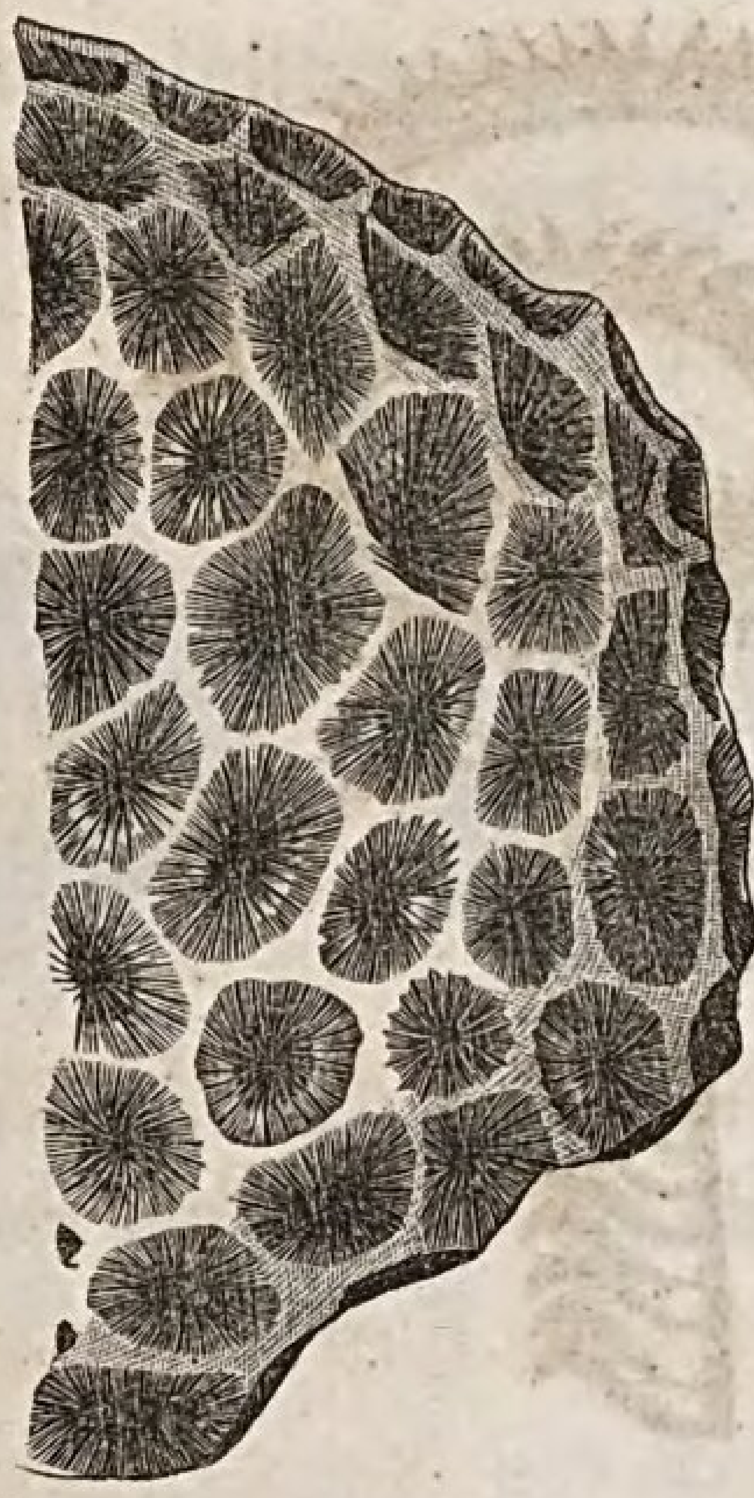
III. Strahlthiere, Radiaten.
  1. Stachelhäuter (Echinodermen), Seeigel, Seesterne u. s. w.
  2. Quallen (Acalephen).
  3. Polypen (incl. der Bryozoën, die man neuerdings den Mollusken anreiht).

IV. Infusorien, Infusionsthiere; kleinste und einfachste Thierformen, deren Classification bis dahin noch nicht endgültig festgestellt werden konnte (incl. der Foraminiferen oder Rhizopoden).

Von all diesen Classen, Ordnungen und Familien finden sich nun in der untern Grauwacke (dem untern silurischen System) nur Vertreter der wirbellosen Thiere, und von diesen nur einzelne, wenige Arten; erst in dem obern silurischen und in dem devonischen System treten die Fische als die ersten Wirbelthiere auf. Viele von jenen Arten sind gänzlich ausgestorben, andere finden sich wenigstens durch ähnliche Arten noch in der heutigen Thierwelt repräsentirt. In den tiefsten (den silurischen und devonischen) Schichten treten uns zunächst Polypen entgegen, die hier schon ähnliche Korallenriffe gebildet haben, wie sie es heutigen Tages, den Schiffern zum Verderben, auf dem Meeresgrunde

insonderheit der Südsee thun. Die Cyathophyllen (Fig. 16 u. 17),

Fig. 16.



. Stück eines Polypenstockes.
Cyathophyllum quadrigeminum aus den devonischen Schichten (aus der Eifel.) *)

Fig. 17.



Cyatophyllum ceratites (proliferirend) aus dem obern Uebergangsgebirge der Eifel. **)

Fig. 18.



Stück eines Polypenstockes (Tubiporide).
Stomatopora serpens. (Dev. Eifel. ***)

mit der oftmals eigenthümlichen Becherform, die Röhren- und Orgelkorallen (Tubiporiden und Favostiden) (Fig. 18) sind die häufigsten Arten; allein von Cyathophyllen zählt Bronn 64 Arten (den Bergkalk mitgerechnet) auf. „Leitmuscheln" nennt man solche Versteinerungen, welche für irgend eine Gesteinsart charakteristisch sind und nach deren Vorkommen die Gesteinsart selbst bestimmt werden kann. Für die silurischen Schichten bilden die zu den Foraminiferen gehörigen und den Seefedern ähnlichen sog. Graptolithen (29 Arten) (Fig. 19, 20 u. 21) eine solche Leitmuschel; Abdrücke von ihnen finden sich in

*) Die Originalzeichnung befindet sich in Bronn's Lethaea geogn. Taf. V. Fig. 1.

**) Die Originalzeichnung befindet sich in Quenstedt's Petrefactenkunde. Taf. 59. Fig. 25.

***) Originalzeichnung in Bronn's Lethaea Taf. V. Fig. 10.

Menge. — Aus der Ordnung der Echinodermen kommen die ebenfalls



Fig. 19.

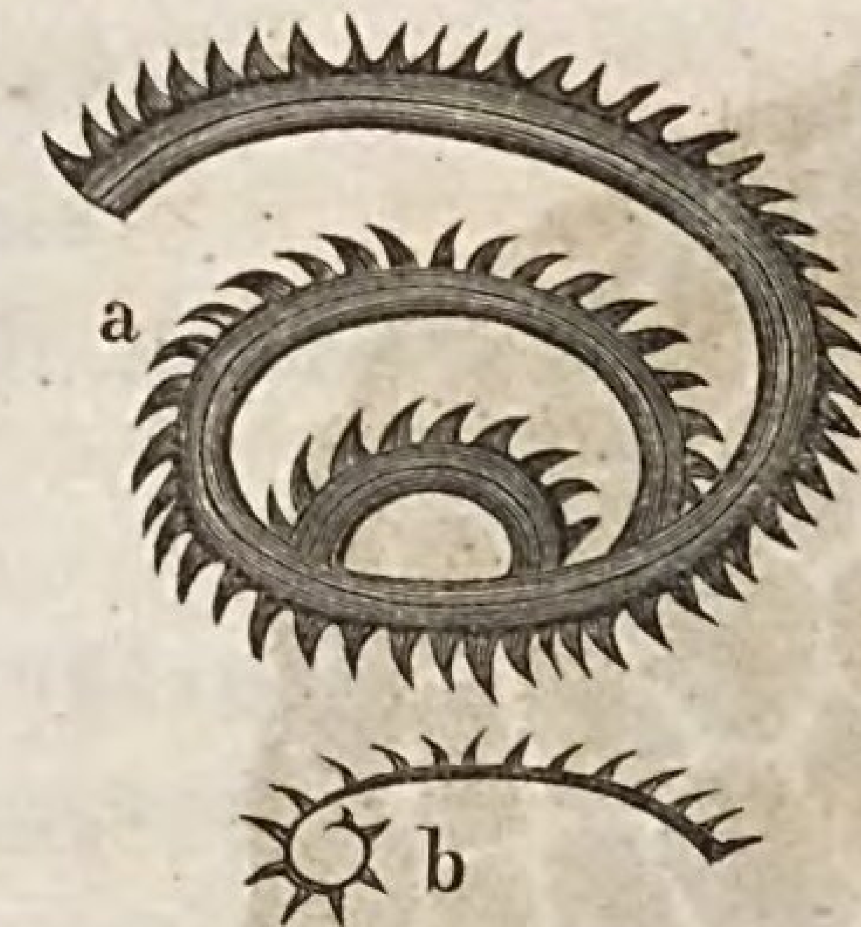


Fig. 20.



Fig. 21.

Fig. 19: Graptolithus foliaceus (aus silur. Grauwackenschiefer von Ronneburg in Altenburg). Fig. 20: Graptolithus convolutus, a. älteres, b. jüngeres Individuum (ebendaher). Fig. 21: Graptolithus Priodon (silur. Grauwacke von Fougerolle bei Caen).*)

nur in dem silurischen System zu findenden Seeäpfel (v. Buch's Cystideen Fig. 22), und neben ihnen die zum Theil trefflich erhaltenen, namentlich in dem devonischen System vertretenen Seelilien (Crinoideen) vor. Diese Thiere besaßen einen becherförmigen, von Armen umgebenen und nach oben pyramidal zulaufenden Körper und saßen auf einem aus zierlichen, einzelnen, 1—3 ''' dicken Plättchen zusammengesetzten Stiel (s. Fig. 35). Auch Seesterne (Asteriden) und die denselben ähnlichen Schlangensterne (Ophiuriden) kommen hier schon vor; gleich weißen Perlenketten liegen ihre Strahlen oft in dem sie umschließenden dunklern Gestein eingebettet. Von den Acephalen

Fig. 22.



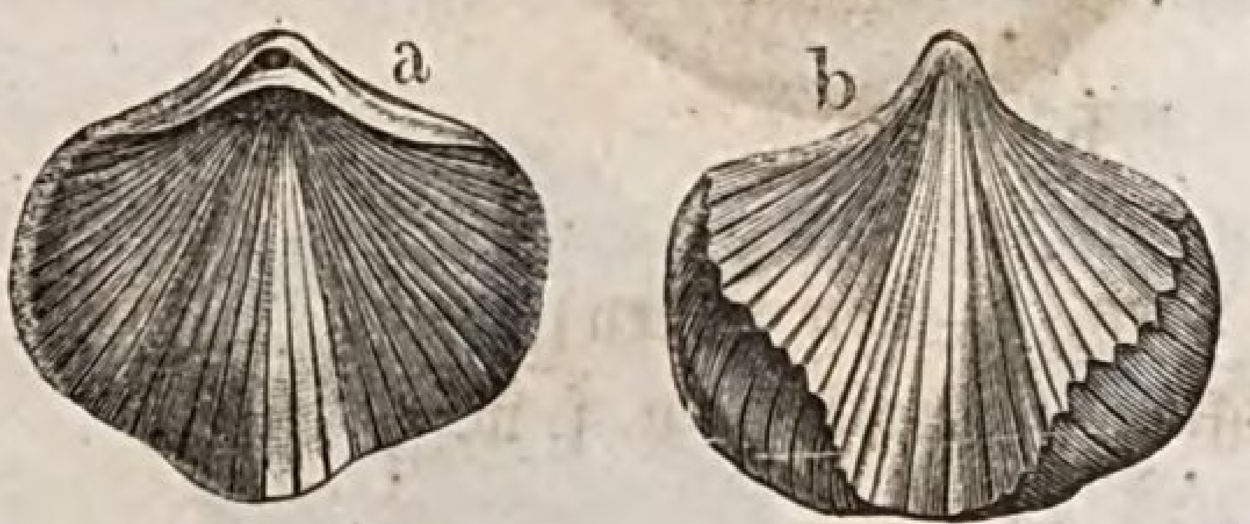
Cystidee. Caryocystites Granatum aus silur. Grauwacke Schwedens.**)

*) Originalzeichnungen in Geinitz: Grundriß der Versteinerungskunde 1846. Taf. X. (Fig. 12. 13. 14. 15.)

**) Originalzeichnung in Geinitz. Taf. XXIII. Fig. 18.

oder Muschelthieren kommen namentlich die sog. Armfüßler oder Brachiopoden vor; am häufigsten von diesen sind die Lochmuscheln oder Terebratuliden (Fig. 23), mit ihren stets gewölbten Schaalen, die Orthisiden (Fig. 24) und die Spiriferen (Fig. 25). Allein in den obern

Fig. 23.



Terebratula Wilsoni (a. von oben, b. von unten) aus dem Bergkalk.*)

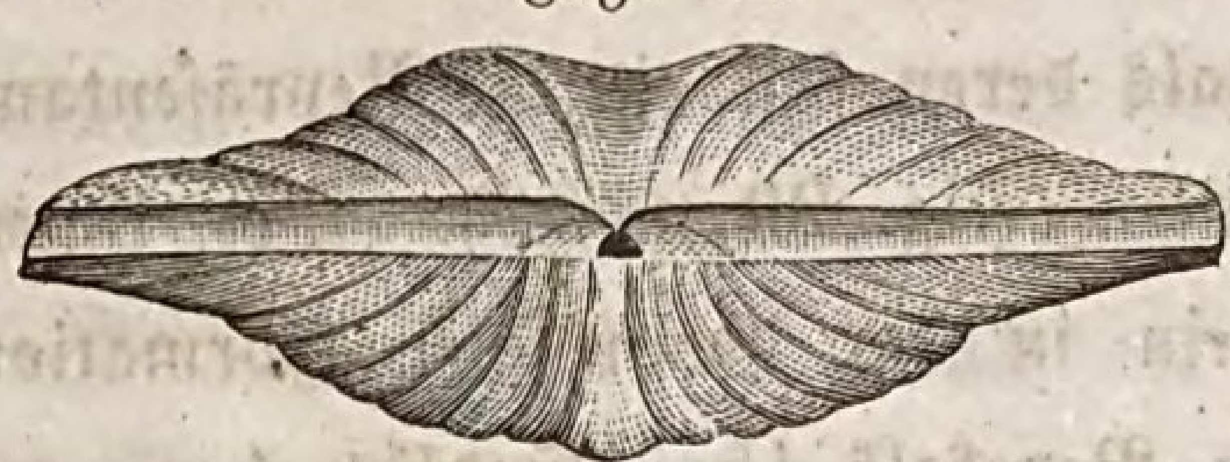
Fig. 24.



Orthis testudinaria. Bronn's: Trigonotreta testudinaria (a. von unten, b. von oben) aus dem Orthoceratiten-Kalk.**)

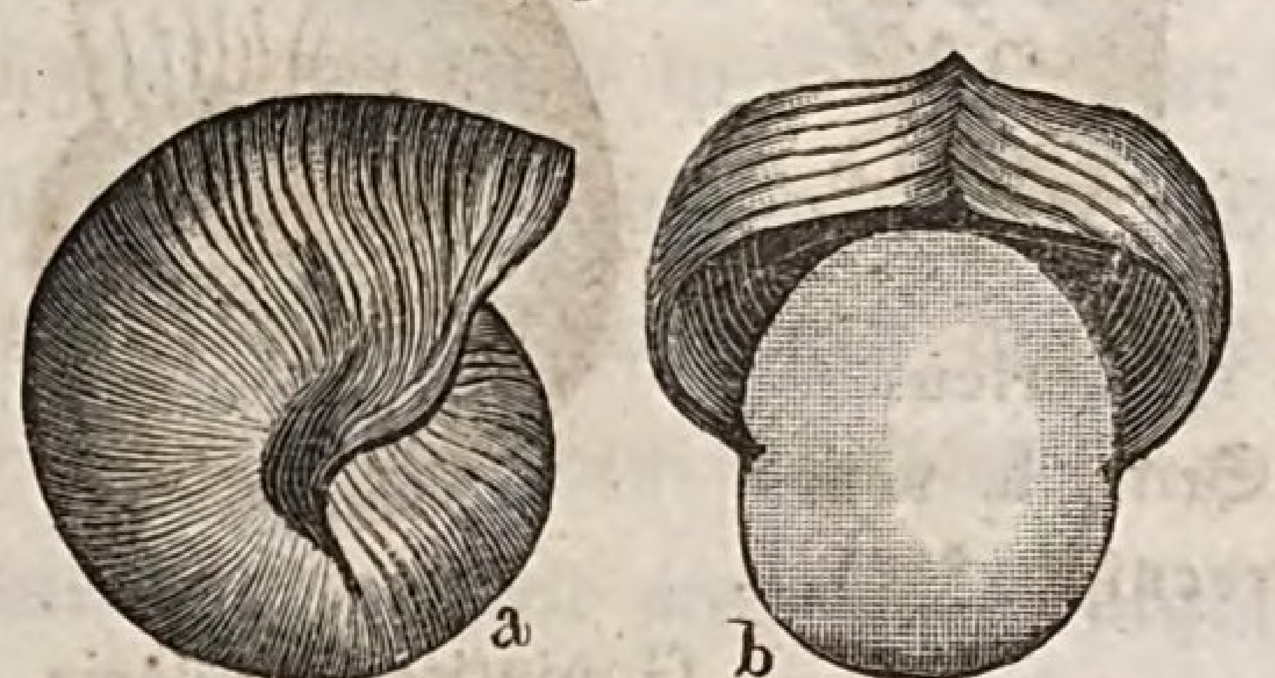
silurischen Schichten finden sich nach Bronn 114 Terebratula-Arten, 55 Arten von Spirifer und 64 Arten von Orthis. Auch Schnecken finden sich schon in den silurischen Schichten. Zu der Unterabtheilung derselben, den Vielfüßern oder Heteropoden gehört der Bellerophon, von dem sich bis in die Steinkohlenformation hinein 74 Arten finden (Fig. 26), und zu den Kammkiemern oder Ctenobranchien der durch 94 Arten vertretene Euomphalus (Fig. 27). Von den Cephalopoden, die durch ihren

Fig. 25.



Spirifer speciosus (Schlotheim). Trigonotreta speciosa nach Bronn (von hinten) aus dem Bergkalk.***)

Fig. 26.

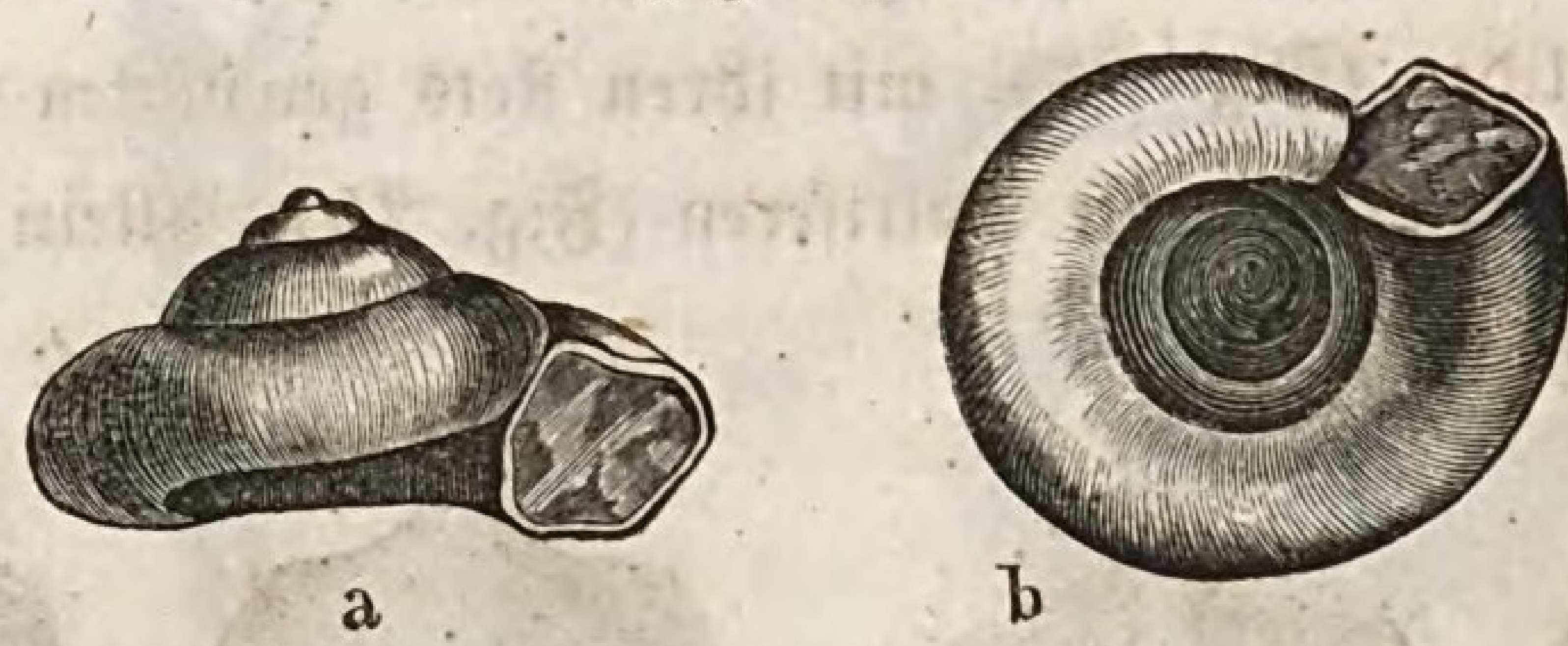


Bellerophon striatus (a. von der Seite, b. von vorn), aus dem Kornitenkalk des Uebergangsgebirges.†)

*) Originalzeichnung s. bei Bronn: Lethaea geogn. Taf. II. Fig. 11.
**) Nach Bronn: Lethaea Taf. III. Fig. 2.
***) Originalzeichnung s. Bronn: Lethaea geogn. Taf. II. Fig. 15 a.
†) Nach Bronn: Lethaea geogn. Taf. I. Fig. 11.

Kranz von Fangarmen am Kopfe und mit der einzigen Ausnahme von

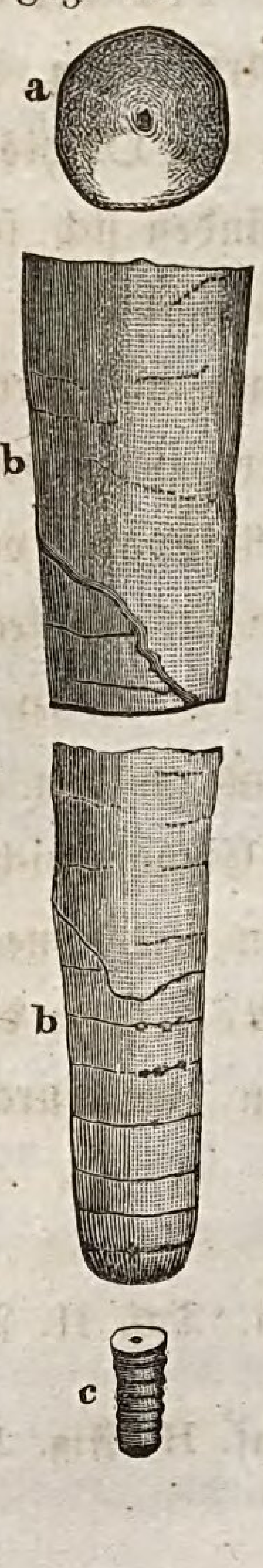
Fig. 27.



Euomphalus Dionysii (a. von vorn, b. von unten), aus dem Kohlen- und Bergkalk Belgiens, Englands u. s. w.*)

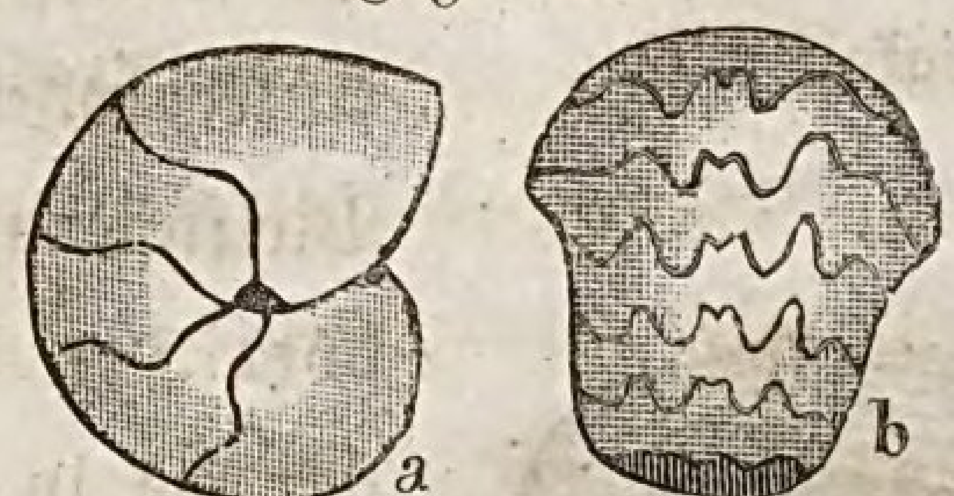
Nautilus durch den die Sepia liefernden Tintenbeutel ausgezeichnet sind, finden sich in den silurischen Schichten insonderheit die Nautiliden, unter denen die häufigere Gattung Orthoceras (Bronn giebt bis zum Bergkalk incl. 190 Arten an) dem Orthoceratenkalk den Namen gegeben hat (Fig. 28); in den devonischen Schichten kommen die ersten Ammoniten vor und zwar als deren fast einzige Repräsentanten die Goniatiten (Fig. 29 u. 30). Von ihnen finden sich allein in der devonischen Formation 112 Arten, im Bergkalk 45. Endlich begegnen

Fig. 28.



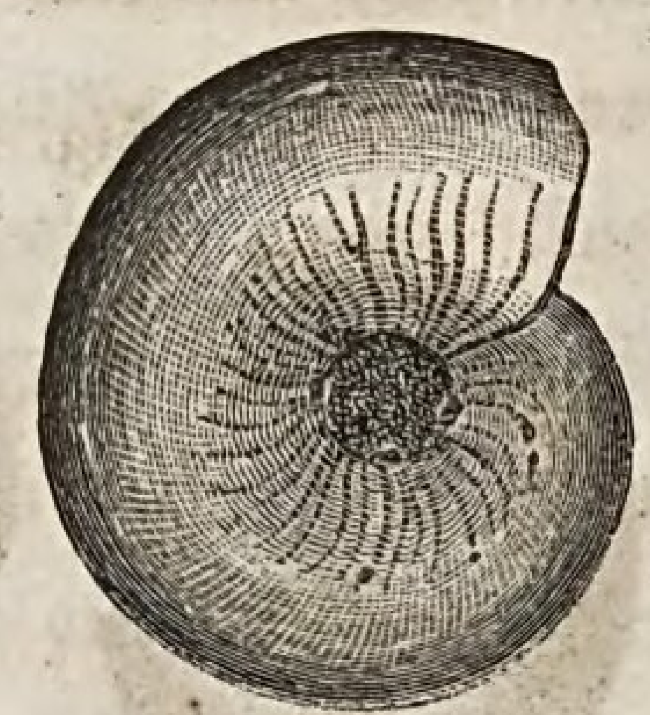
Orthoceratites regularis (a. Scheidewand, b. b. mittlere Bruchstücke, c. Spitze) aus dem Thonschieferkalk bei Prag.**)

Fig. 29.



Goniatites sphaericus (a. von der Seite, b. vom Rücken). Devonisch.***)

Fig. 30.



Goniatites diadema. Seitenansicht. Aus dem Kohlenkalk. †)

---

*) Copie nach Bronn. Lethaea geogn. Taf. II. Fig. 3. (2/3 Größe.)

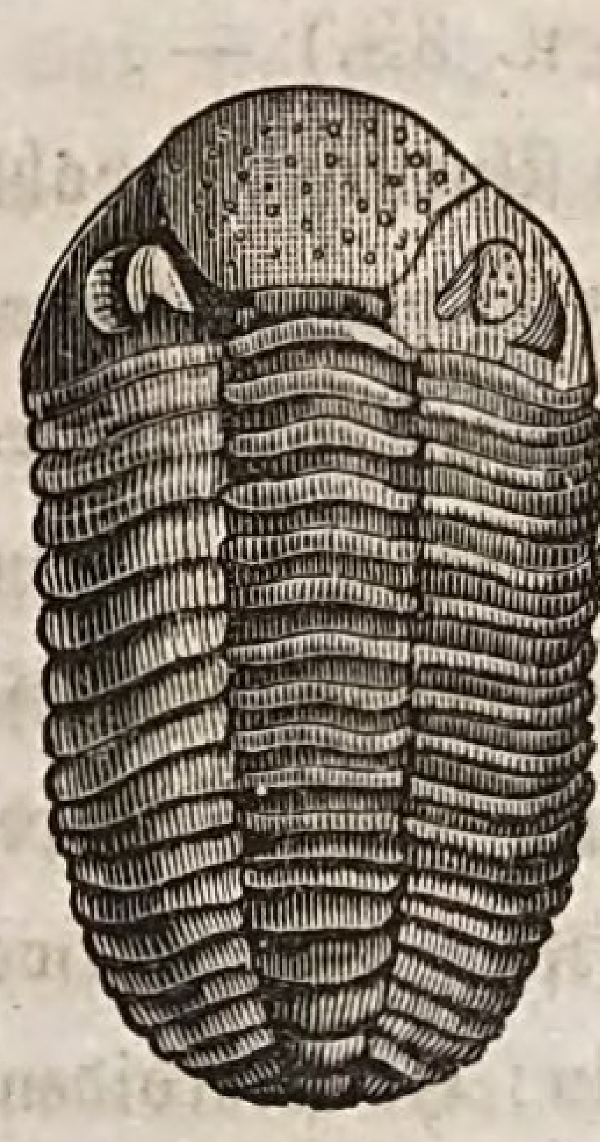
**) Copie in 1/2 Größe nach Bronn. Lethaea Taf. II. Fig. 3.

***) Copie nach Quenstedt. Taf. 26. Fig. 26.

†) Desgl. Taf. 26. Fig. 27.

wir in den silurischen Schichten auch einer zu den Krustenthieren gehörenden Thierart, den sog. Trilobiten, die hier in Masse vorkommen, mit der Bergkalk- und Steinkohlenperiode aber schon von der Erde wieder verschwinden. Bronn führt von diesen Trilobiten 477 Arten auf (Fig. 31). C. Vogt schildert sie treffend folgendermaßen: **) „Man

Fig. 31.



Trilobit. Calymene macrophthalma vom (Rücken) aus dem Bergkalk.*)

unterscheidet an dem meist breiten, schildförmigen, abgeplatteten Körper dieser Thiere drei Theile, den Kopf, die Brust und das Schwanzschild (Pygidium). Die Brust ist aus beweglichen Ringeln zusammengesetzt, das Schwanzschild zeigt meistens eine ähnliche Zusammensetzung, doch sind hier die Grenzen der Ringel mit einander verwachsen, so daß ein einziges Schild hergestellt wird. Die Schaale selbst scheint im Leben bald mehr hornig, bald mehr kalkig gewesen zu sein. Das Mitteltheil des Rückens ist meistens erhaben, so daß man auch der Längsrichtung nach eine Dreitheilung der Thiere unterscheiden kann; eine mittlere erhabene Spindel und zwei Seitenhälften, deren Ringel sich gewöhnlich in Floßen oder Spitzen ausziehen. Das Kopfschild, welches aus drei eng verbundenen Stücken besteht, hat gewöhnlich eine halbmondförmige Gestalt und seine hintern Flügel laufen meist in Spitzen oder Stacheln aus, die sich oft noch weit längs der Brust fortsetzen. Die Spindel zieht sich gewöhnlich stark ausgedrückt nach vorn hin und bildet hier einen erhabenen Theil, die Stirn oder den Kopfbuckel, zu dessen beiden Seiten die Augen stehen. Diese sind meist stark vorgequollen und zeigen auf ihrer Oberfläche oft große, dem unbewaffneten Auge schon sichtbare Facetten. Bei andern sind diese Facetten noch von einer glatten Hornhaut überdeckt, so daß sie nur am Steinkerne sichtbar sind. Bei noch andern scheinen die Augen nur lose in dem Schilde gesessen zu haben, so daß sie herausfielen und an ihrer Stelle in den Versteinerungen ein klaffendes

*) Copie (2/3 Größe) nach Bronn. Lethaea Taf. IX. Fig. 4 a.

**) Lehrb. d. Geologie. I. pag. 250. 2. Aufl.

Loch existirt; bei noch andern endlich hat man bis jetzt noch keine Augen entdecken können. — — Viele Gattungen konnten sich vollkommen zusammenrollen wie unsre jetzigen Asseln." *) Außer den Trilobiten finden sich in dem devonischen System noch die zu den Schalenkrebsen (Ostracoden) gehörenden kleinen hanfkorn-, erbsen- und bohnengroßen Schalenflöhe (Cypris, Cytherina u. s. w.), deren Gattung Cypridina dem Cypridinenschiefer den Namen gab. (Fig. 32 u. 33.) —

Fig. 32.

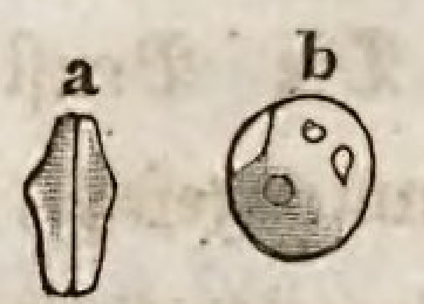


Fig. 33.

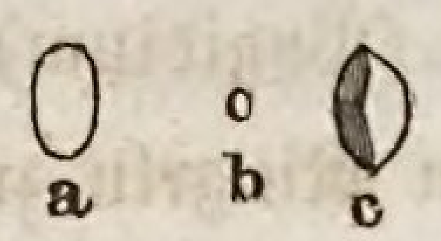


Fig. 32: Cypridina Edwardsiana (a. von unten, b. von der Seite) aus dem Kohlenkalk. **)

Fig. 33: Cypris inflata (a. von der Seite, b. natürl. Größe, c. von unten), aus dem Steinkohlengebirge von Bourdiehouse. ***)

Nicht in den silurischen, wohl aber in den devonischen Schichten finden sich auch schon die ersten und zahlreichen Spuren und Versteinerungen von Fischen. Agassiz, der der Erforschung derselben vor allen Andern förderlich war, theilt die Fische der Vorwelt in 4 große Classen ein: die Placoiden oder Kornschupper, die mit höckerigen oder stacheligen Schmelzplatten von verschiedener Größe bedeckt waren; die Ganoiden oder Schmelzschupper, welche mit kleinen rautenförmigen, mit dickem Schmelz bedeckten, ineinandergefügten Schuppen oder Knochenplatten, die einen sehr dichten Schuppenpanzer bildeten, bedeckt waren; die Ctenoiden oder Kammschupper, die an dem hintern Rande gezähnte Schuppen trugen und die Cycloiden oder Glattschupper, welche ähnliche rundliche Schuppen hatten, wie unsere meisten jetzigen Flußfische. Von diesen 4 Classen treten nun die ersten zwei, die Placoiden und Ganoiden schon in der Grauwacke auf und reichen, in freilich modificirter Form, bis in die Jetztwelt hinauf; Cycloiden und Ctenoiden beginnen in größerer Menge erst in der Kreideperiode, — wenn uns auch durch die zu den Raubfischen gehörigen Faltenschupper

---

*) Schöne Exemplare dieser Trilobiten, die in der Schöpfungsgeschichte durch ihre oft so schön erhaltenen facettirten Augen als erste Zeugen des Lichtes dastehen, namentlich auch ein Exemplar eines zusammengerollten Trilobiten, fand der Verf. in der palaeontologischen Privatsammlung des Hrn. Kammerherrn v. Witzleben in Oldenburg.

**) Copie. S. Quenstedt. Taf. 23. Fig. 33.

***) Copie nach Murchinson. S. ebendaselbst Fig. 34.

(Holoptychiden) schon in dem devonischen System eine zu den Cycloiden gehörige Art aufgezeigt wird. Unter den Panzerganoiden treten uns zunächst in dem devonischen System die Familien der Coelacanthen, Placodermen und Cephalaspiden entgegen; die Gattungen Perichthys und Cephalaspis sind unter den letztern vorzugsweise bekannt. Von ihnen erwähnt v. Humboldt, daß sie lange für Trilobiten gehalten wurden und daß sie nach Agassiz unter den Fischen einen ebenso eigenthümlichen Typus tragen, wie die Plesiosauren und Ichthyosauren später unter den Reptilien.

Gehen wir von der palaeontologischen Betrachtung der Grauwackengruppe zu der der Steinkohlengruppe über, so erscheint es vor Allem auffallend und unsern Erwartungen entgegen, daß sich während der überreichen Entwicklung des vegetabilischen Lebens die Thierwelt wenig oder gar nicht weiter entwickelte und die Menge der vorkommenden Versteinerungen verhältnißmäßig eine nur sehr geringe ist. Fast alle gemeiniglich der Steinkohlengruppe als solcher zugeschriebenen Versteinerungen gehören nur dem tiefliegenden Bergkalk an. Von den bis dahin zu den Infusionsthieren gerechneten Rhizopoden (Wurzelfüßlern) findet sich die Gattung Fusulina im russischen Kohlenkalk; unter den Polypen sind die Gattungen Chaetetes und Favosites im Bergkalk häufig vertreten. Von den Echinodermen kommen (nur im Bergkalk) ziemlich zahlreiche Blastoideen (die Gattung Pentatrematites) vor, die eine Uebergangsform zwischen den oben erwähnten Seeäpfeln und Seelilien bilden; die letztern selbst finden sich ebenfalls nur dort, dort aber auch zahlreich vertreten vor. Ihre Stengelglieder (Entrochiten) kommen in vielen Schichten des Kohlenkalkes so zahlreich vor, daß man diesen als Entrochitenkalk bezeichnet hat (Fig. 34). Auch erste Formen unsrer sog. Seeigel treten hier auf. Unter den Cephalopoden treten außer den schon früher vorkommenden Goniatiten und einigen neuen Formen derselben keine neue Gattungen auf; aus der Steinkohle selbst zählt Bronn 7 Nautilus-Arten auf. Von Cru-

Fig. 34.



Säulenglied (Entrochit) von Encrinites epithonius (aus d. obern Uebergangsgebirge.*)

*) Copie nach Quenstedt. Taf. 54. Fig. 34.

staceen finden sich keine Trilobiten mehr, nur einige seltene zu den Flohkrebsen (Amphipoden) gehörige Arten kommen vor. Von Fischen und namentlich von den zu den Haien gehörigen Cestracionten geben uns die häufig aufgefundenen Rückenstacheln und Zähne, namentlich im Bergkalk, aber auch in der Kohle selbst, einen Beweis; die gepanzerten Fischformen sind verschwunden, die Kleinschupper (Cycloiden und Ctenoiden) finden sich dagegen in nicht unbedeutender Menge. Als eine Uebergangsform zwischen den Fischen und Amphibien ist vielleicht der zu der ausgestorbenen Familie der Labyrinthodonten gehörige Archegosaurus Decheni zu betrachten, der sich durch seinen dreieckigen Kopf mit weiten ringsum geschlossenen Augenhöhlen, seine einfach gefalteten Zähne und seinen mit knotigen Schuppen bedeckten Körper auszeichnete.

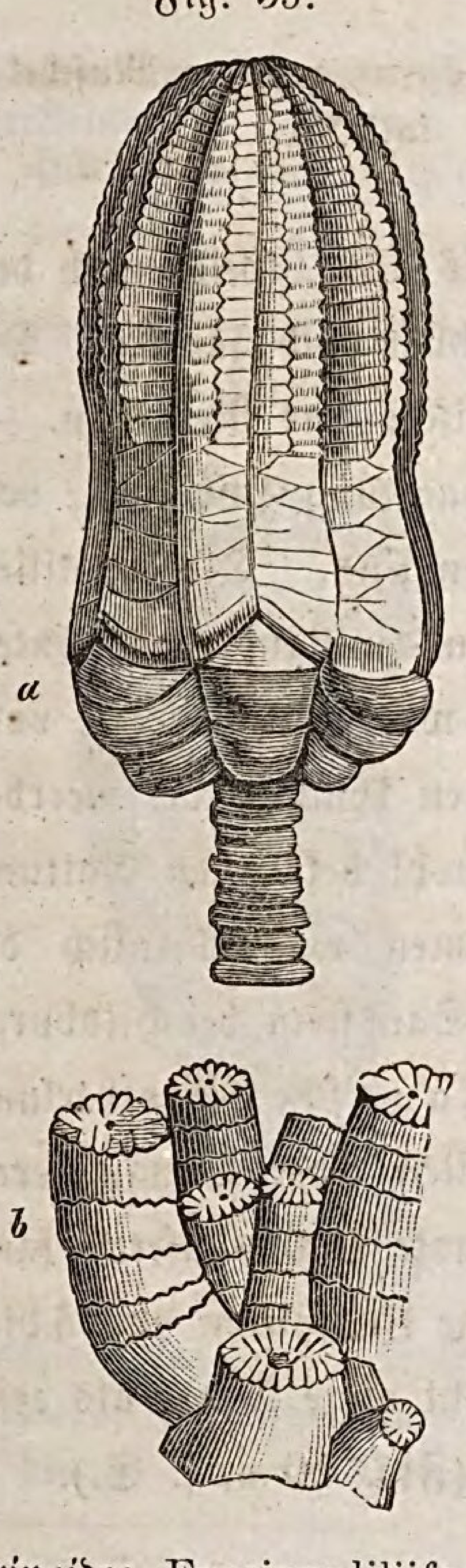
Das permische System ist auffallend arm an Thierarten. „Reste von Polypen sind nur selten und hie und da zerstreut; Korallenbänke, wie sie in dem devonischen und Kohlenkalke vorkommen, fehlen durchaus. Die Crinoiden, deren Stengelglieder im Kohlenkalke ganze Schichten zusammensetzen, sind nur durch äußerst wenige Bruchstücke repräsentirt. Die Schaalen von Muscheln und Schnecken sind meist ebenso einsam und zerstreut, als die Polypen und gehören meist nur kleinen Arten an; die Armfüßler (Terebratula, Spirifer, Orthis) wiegen noch vor. Die Cephalopoden sind äußerst selten und treten bis auf einige wenige Arten gänzlich vom Schauplatze. — — Die Trilobiten, welche in der Kohlenperiode noch vertreten waren, fehlen gänzlich und die Gliederthiere sind nur durch die Molukkenkrebse (Limulus) repräsentirt." *) Die Fische sind noch am zahlreichsten vertreten, gehören aber auch nur wenigen Arten an; unter den Ganoiden ist die Gattung Palaeoniscus Freieslebeni besonders häufig. Es ist auffallend, daß man so außerordentlich viele Fische in dem Kupferschiefer in gekrümmter Form versteinert vorfindet und die Vermuthung ist vielleicht nicht ganz ungerechtfertgit, daß dieselben in durch die kupferhaltigen Wässer hervorgerufenen, krampfhaften Zuständen zu Grunde gingen. In diesem permischen System finden sich auch die ersten Repräsentanten der eigentlichen Reptilien, der

*) Vogt, Geologie. I. pag. 351.

Urechsen oder Palaeosaurier, die wir in den nächsten Gruppen nun in reichlicher Menge auftreten sehen.

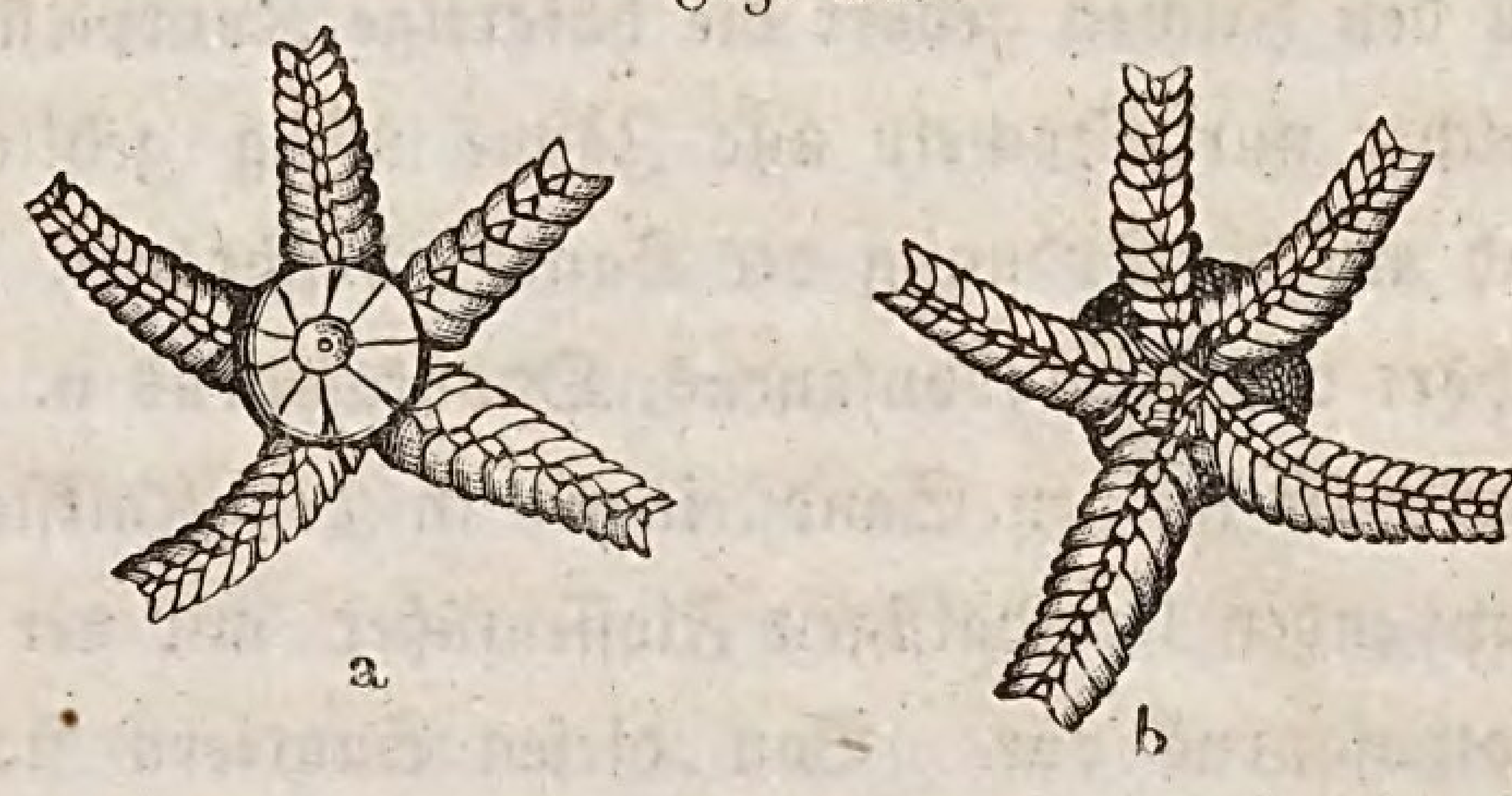
Die Fauna dieser Gruppe, der Trias, ist im Ganzen und namentlich im bunten Sandstein und Keuper nur arm, sowohl an Individuen, als an der Zahl der Arten; am reichsten sind der Muschelkalk, der als Meeresbildung den Sandstein deckt, und ihm gegenüber insonderheit die Gebilde von St. Cassian (östl. Alpen), die Bronn zwischen dem Muschelkalk und Keuper, Andere zwischen Keuper und Lias einreihen. Während Bronn für die St. Cassianer-Formation 741 Thierarten aufführt, zählt er für den bunten Sandstein nur 54, für den Muschelkalk 190 und für den Keuper 106. Polypen finden sich, nur kleinere Korallenbänke bildend, fast ausschließlich in den St. Cassiana-Gebilden; Crinoideen, und namentlich die Gattung Encrinus, kommen in dem Muschelkalk vor (Fig. 35); unter den Seesternen (den Ophiuriden) kommt die Gattung Aspidura (Fig. 36) vor. Von den älteren Brachiopoden (Spirifer, Orthis u. s. w.) finden sich hier fast die letzten Repräsentanten. Muschelthiere (z. B. Myophoria) sind nur im

Fig. 35.



Crinoidee. Encrinus liliiformis; a. d. Muschelk. a. Kelch mit einigen Säulengliedern. b. Wurzelglieder d. Säule.*)

Fig. 36.



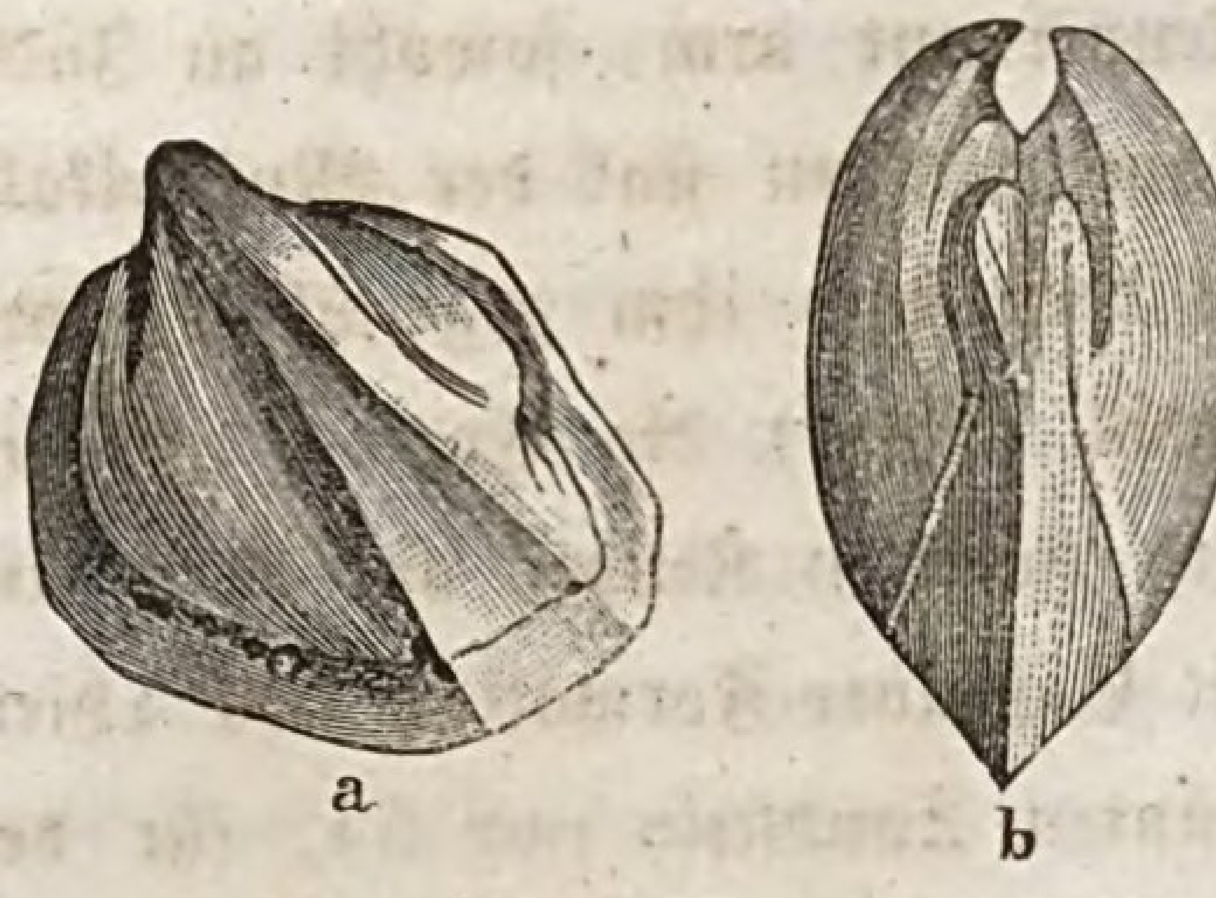
Aspidura. Ophiura scutellata Bronn's, aus dem Muschelkalk (a. vom Rücken, b. vom Bauche.)**)

*) Originalzeichnung in Geinitz. Taf. XXIII. Fig. 1.

**) Copie nach Bronn. Lethaea Taf. XI. Fig. 23 (vergrößert). —

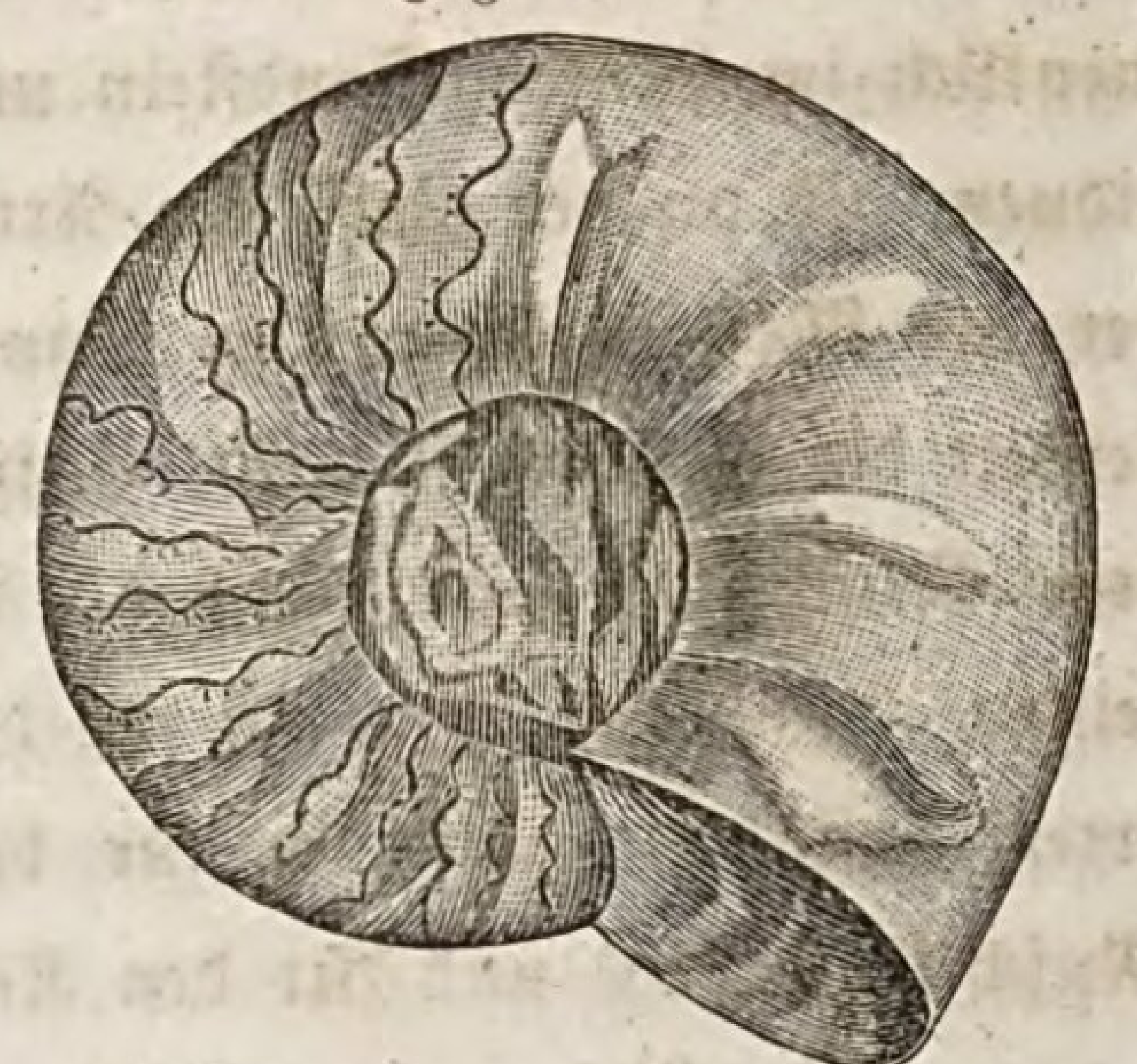
St. Cassian-Gebilde häufig (Fig. 37). Im eigentlichen Muschelkalk treten die zu den Cephalopoden gehörigen Ceratiten als bezeichnend auf (Fig. 38)

Fig. 37.



Myophoria (Trigonia) vulgaris. (a. vom Rücken, b. von vorn) aus dem Muschelkalk.*)

Fig. 38.



Ceratites nodosus aus dem Muschelkalk.**)

und außer ihnen finden sich bei St. Cassian theils ächte, theils noch den Goniatiten ähnliche Ammoniten. Belemniten fehlen noch gänzlich. Die Wirbelthiere beschränken sich noch völlig auf Fische und Reptilien. — Zu den Fischen gehört die haiartige Knorpelfischgattung Hybodus, von welcher nur Stacheln und Zähne übrig geblieben sind. Die Reptilien sind auf die Ordnung der Saurier beschränkt. Zu den Labyrinthodonten gehört der Mastodonsaurus, Odontosaurus u. s. w.; sie finden sich vorzugsweise in den Sandsteinen; in den Kalksteinen kommen die meerbewohnenden langhalsigen Flossenfüßer mit der wohl bekannten Gattung Nothosaurus vor. Von diesen Sauriern stammen wahrscheinlich die colossalen Fußspuren her, welche sich im bunten Sandstein bei Hildburghausen finden; doch zweifelt man noch, ob das Kaup'sche Chirotherium, dem man die Fährten zuschreibt, zu den Reptilien oder Säugethieren gehört habe (Fig. 39 a. f. S.). In dem Staate Massachusett's fand man endlich im bunten Sandstein auch dreizehige Fußspuren von Thieren, die auf zwei Beinen gingen und die wohl ohne Frage als erste Spuren großer Vögel angesehen werden dürfen (Fig. 40 a. f. S.).

---

*) Copie (2/3 Gr.) nach Bronn. Lethaea Taf. XI. Fig. 6. a. b.

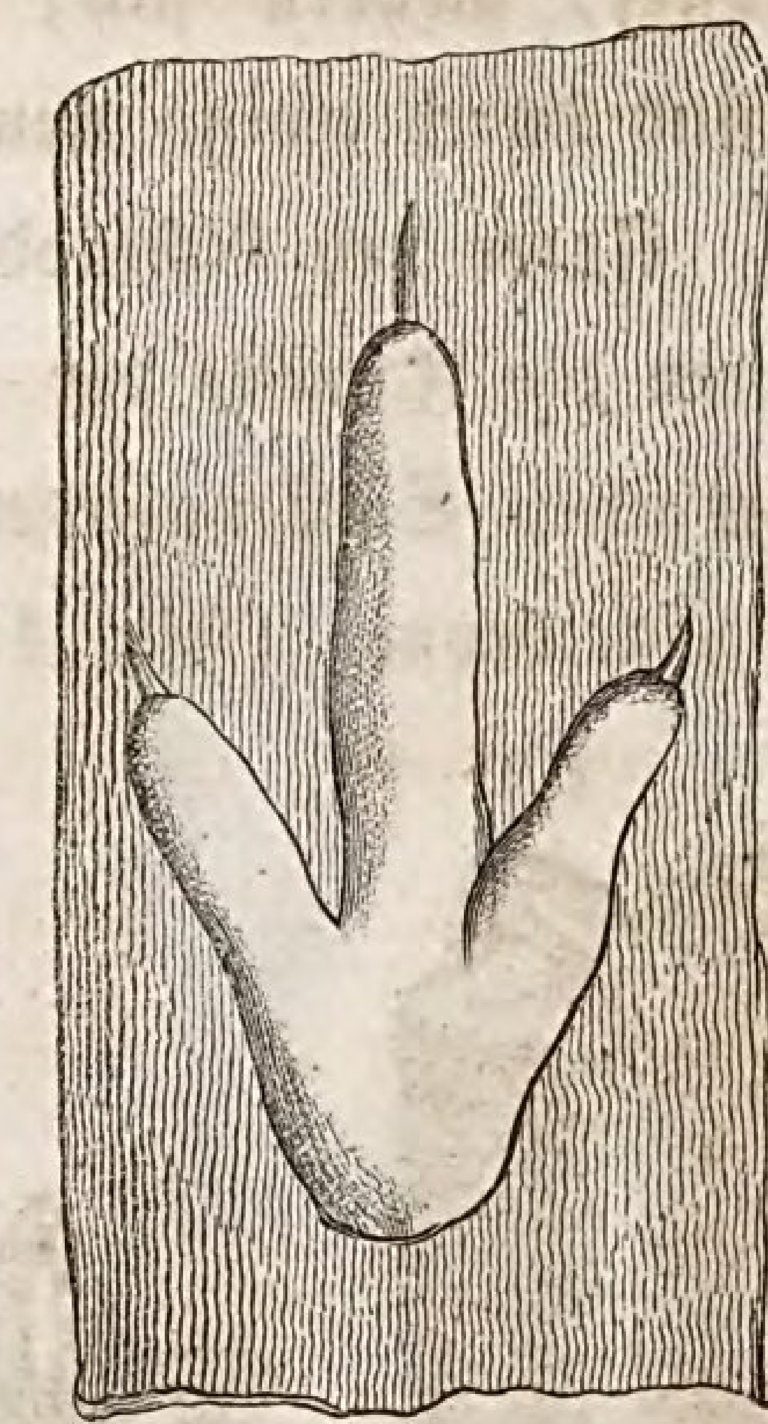
**) Copie (1/2 Gr.) nach Bronn. Lethaea Taf. XI. Fig. 20. a.

Fig. 39.



Chirosaurus Barthii. Fährtenabdrücke, verkleinert, a. d. bunten Sandstein bei Hildburghausen, nach Sickler.*)

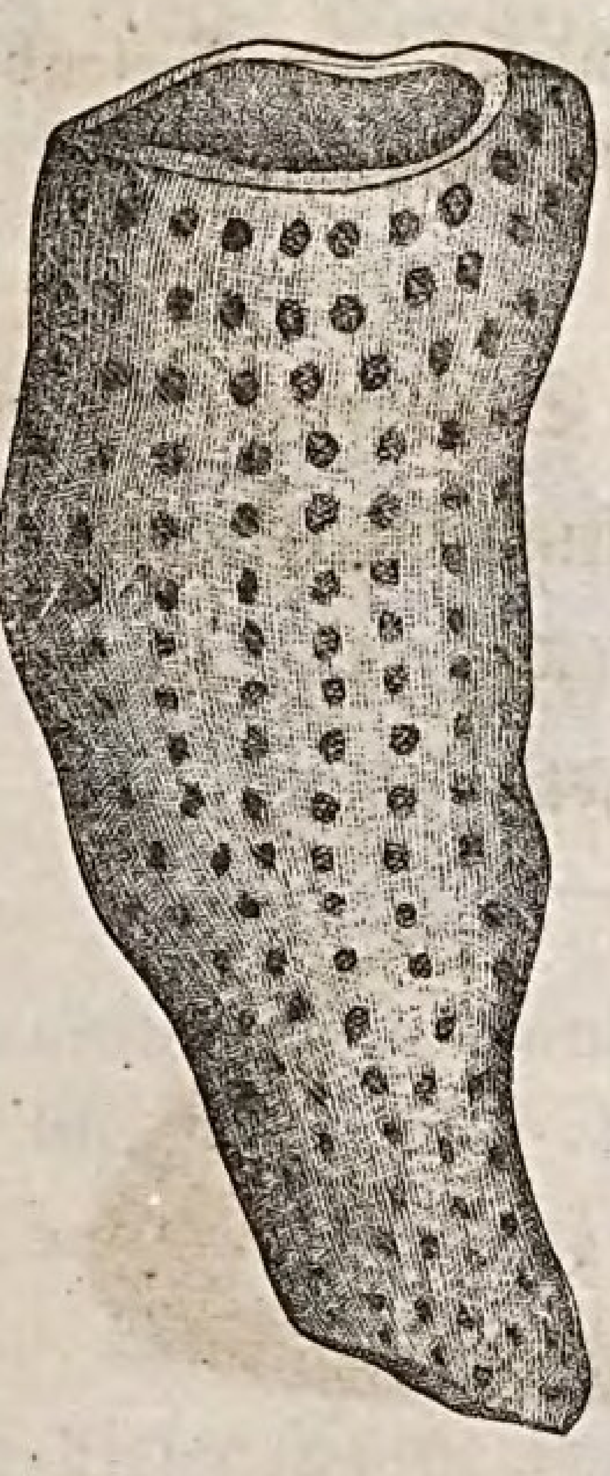
Fig. 40.



Ornithichnites tuberosus, Vogelfährte, von 7—8'' Länge, aus dem bunten Sandstein von Connecticut.**)

Die jurassischen Gebilde (Oolithen-Gruppe) zeigen einen allmähligen Fortschritt derjenigen Veränderungen der Fauna, welche in der Trias begannen. Die Zahl der bis jetzt aufgefundenen Arten ist hier bedeutend, nach Bronn bis auf 3750, gestiegen; namentlich gelangen die Cephalopoden und Reptilien zu einer sehr bedeutenden Entwicklung. Vögel und Säugethiere fehlen noch ganz bis auf das nach Valenciennes,***) den Beutelthieren nahe verwandte, nach Owen aber zu den insektivoren Raubthieren gehörige Thylacotherium Prevostii und das Phascolotherium Bucklandi, die in den zur Juraformation gehörigen Stonesfield-Schiefern aufgefunden wurden. Ueber die niedern Thierformen ist hier wenig zu bemerken. Die Anzahl der Schwämme, unter denen die Gattung Scyphia (Fig. 41)

Fig. 41.

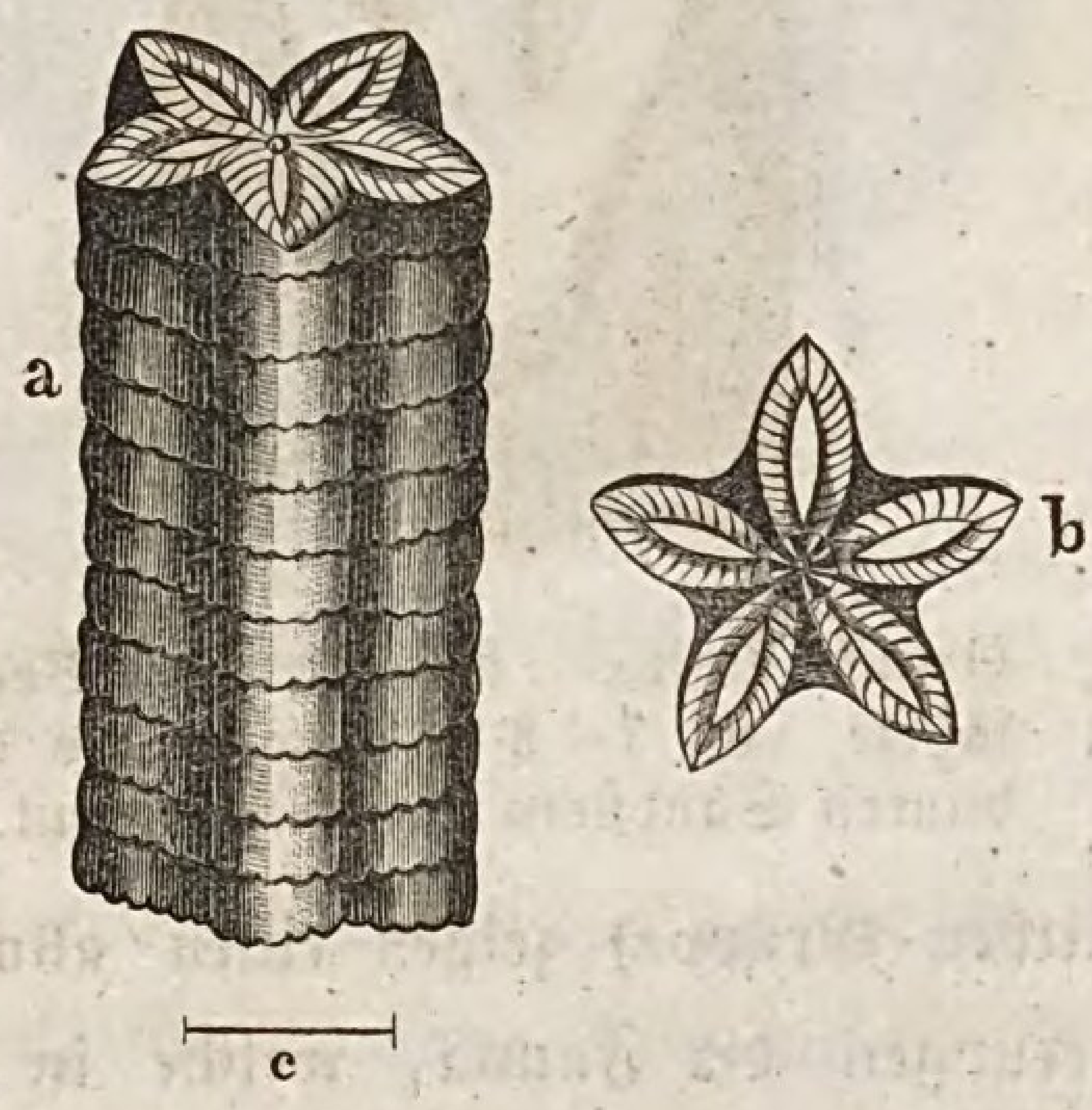


Scyphia claviformis (keulenförmiger Pokalschwamm) a. d. braun. u. weiß. Jura.†)

*) Copie nach Geinitz. Taf. V. Fig. 9.
**) Desgl. Taf. V. Fig. 2.
***) S. Humboldt. Kosmos I, pag. 290.
†) Copie nach Bronn. Lethaea Taf. XVI. Fig. 1. a.

ausgezeichnet, mehren sich; die Polypen und namentlich die Korallenpolypen sind durch einige neue Arten vertreten. Quallen fehlen noch gänzlich. Unter den Echinodermen finden sich noch viele Crinoideen, unter denen die Familie der kelchförmigen Pentacriniten (Fig. 42) mit ihren zierlichen Säulengliedern und die von Bronn hierher gezählte Gattung Saccocoma (Fig. 43) ausgezeichnet ist; in größerer Menge

Fig. 42.



a. ein Säulenstück u. b. eine Gelenkfläche (beide vergrößert) von Pentacrinites basaltiformis (Bronn). c. natürl. Durchmesser. Aus dem Liasschiefer. *)

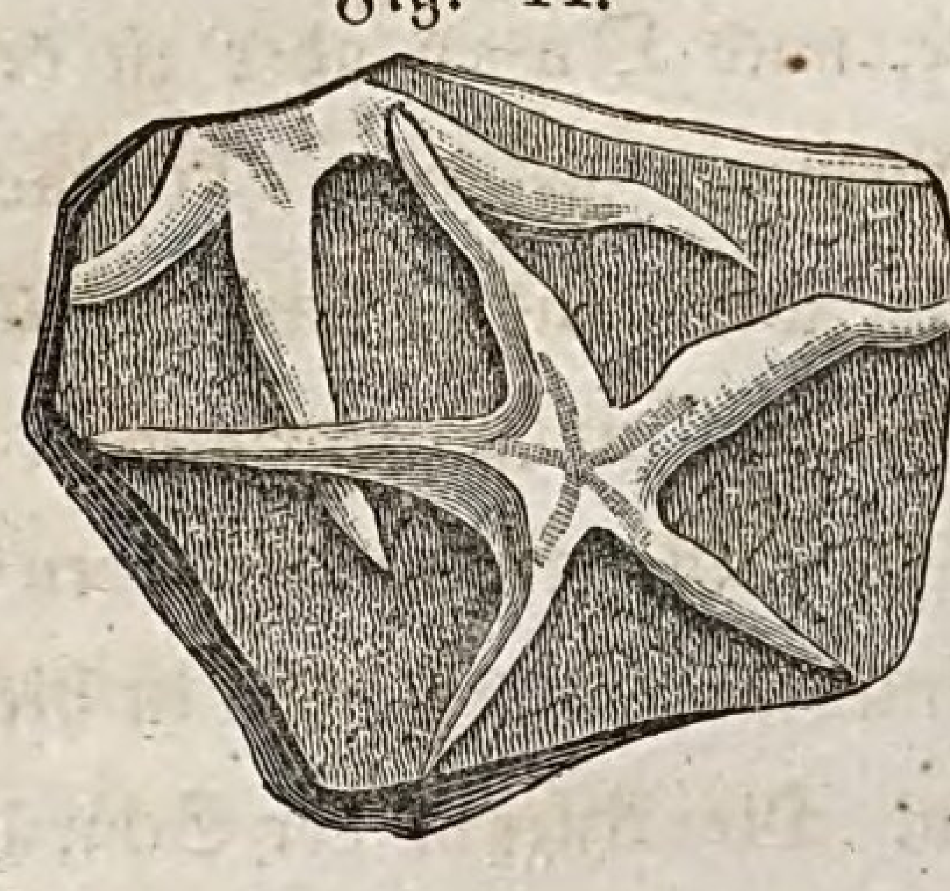
Fig. 43.



Saccocoma pectinata, aus dem lithographischen Schiefer von Solenhofen (Oolith-Formation.) **)

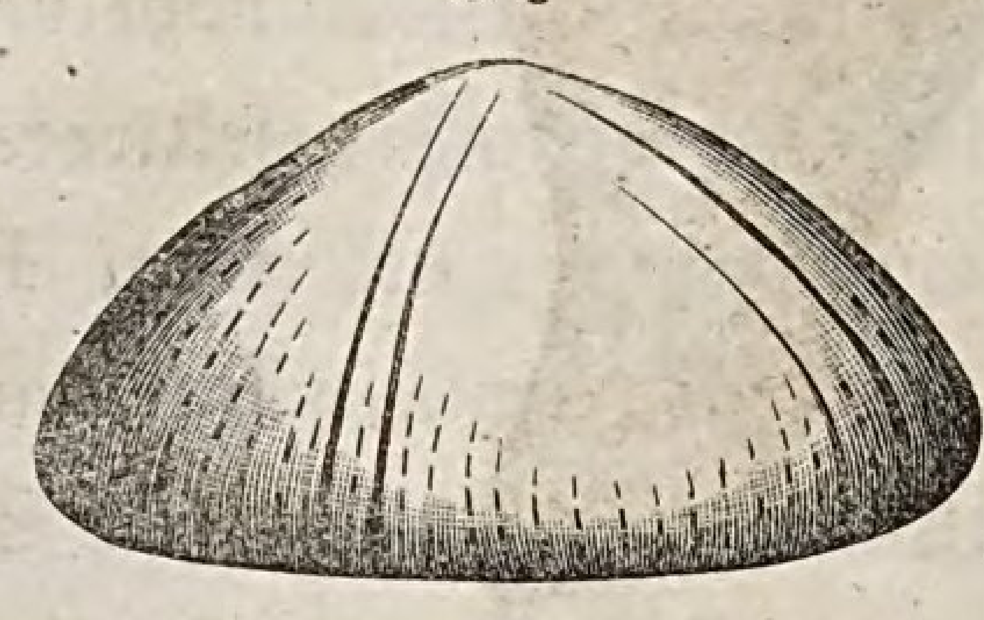
treten aber, und hier zuerst in dieser Weise, die Seesterne (Asteriden) und Seeigel (Echiniden) auf; unter den letztern sind die Cidariden mit ihren kolbigen Stacheln namentlich ausgezeichnet (Fig. 44. 45 u. 46).

Fig. 44.



Asterias lumbricalis aus dem untern Lias-Sandstein. ***)

Fig. 45.



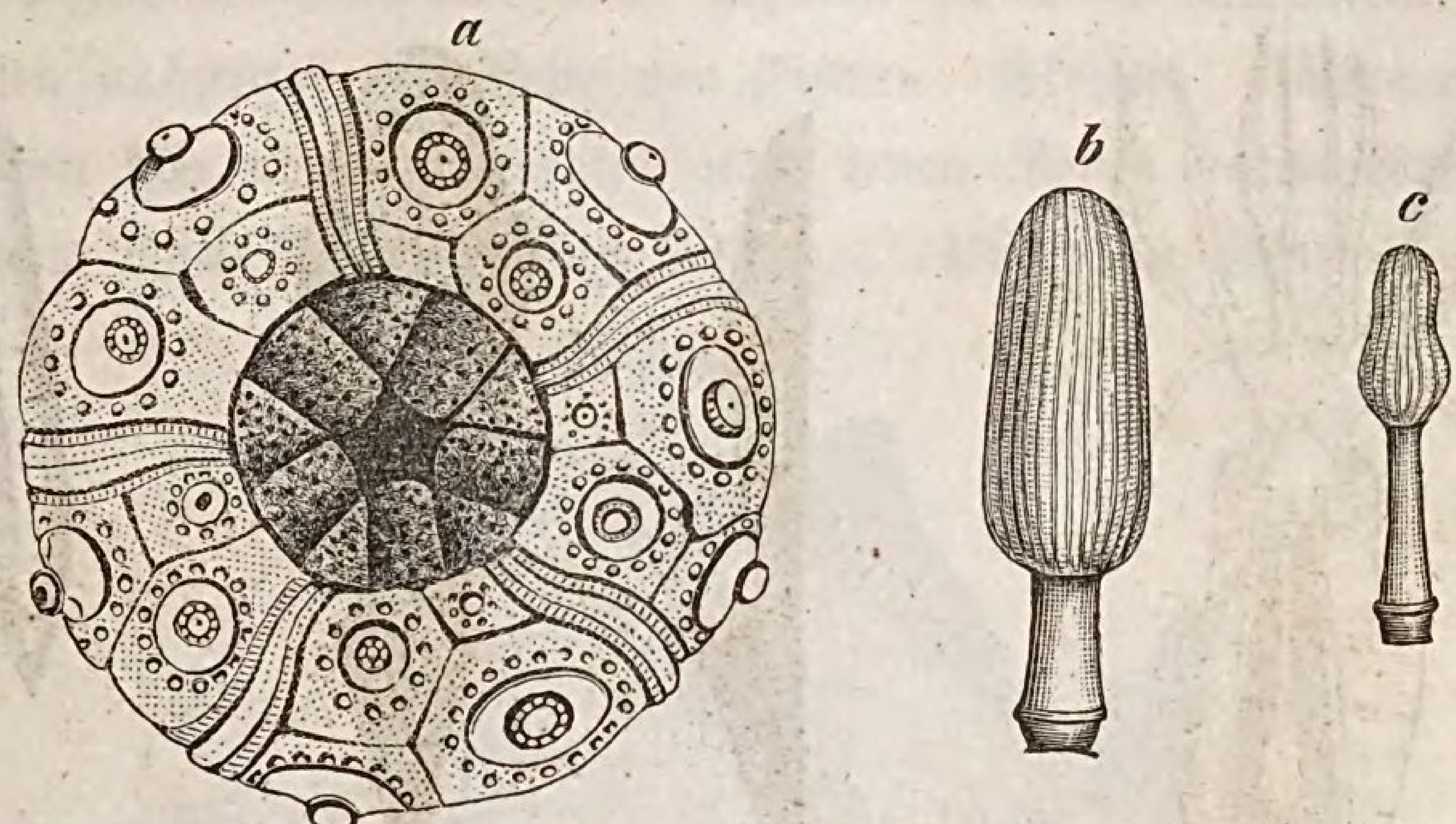
Seeigel. Galerites depressus (von der Seite) aus der Oolith-Formation, s. N. *) a. f. S.

*) Nach Bronn. Lethaea Taf. XVII. Fig. 11.

**) Nach Goldfuß. Copie nach Geinitz Taf. XXIII. Fig. 6.

***) Copie (2/3 Gr.) nach Bronn. Lethaea. Taf. XVII. Fig. 18.

Fig. 46.



Cidaris coronatus, nach Goldfuß; a. von oben, b. u. c. größerer und kleinerer Stachel. Aus dem obern Jura. **)

Unter den Acephalen zeichnet sich die Austerngattung (Ostrea) aus, die hier zuerst wirkliche Austernbänke bildet. Die Gasteropoden schreiten in der Entwicklung nur wenig vorwärts; unter den Cephalopoden treten dagegen hier die sehr bekannten, eigentlichen Ammoniten in bedeutender Entwicklung auf (Fig. 47), während die Nautilinen seltener werden. Besonders merkwürdig sind aber die hierhergehörigen und vom Lias bis zur Kreide in großer Menge vorkommenden Belemniten (Fig. 48, 49, 50 a. f. S.). Das Thier der Belemniten ist nach Bronn†) völlig unbekannt; die Schaale besteht aber aus 3 Theilen: einer hornigen Düte, einem in deren Spitze liegenden, aus Luftkammern bestehenden kalkigen Kegel oder Alveoliten und einer dieser Spitze von außen überziehenden Schaale. Der eingeschlossene Theil oder Alveolit ist kegelförmig und vielkammerig und besteht aus einer dünnen, äußern kegelförmigen Wand und zahlreichen innern, nahe

Fig. 47.



Ammonites capricornus (½ nat. Gr.) aus dem untern Lias von Würtemberg, nach Zieten.***)

---

*) Copie nach Bronn. Lethaea Taf. XVII. Fig. 5.
**) Copie nach Geinitz Taf. XXII. Fig. 15.
***) Desgl. Taf. XI. Fig. 6.
†) Lethaea geogn. 3. Aufl. 3. Buch. pag. 385.

Fig. 48.

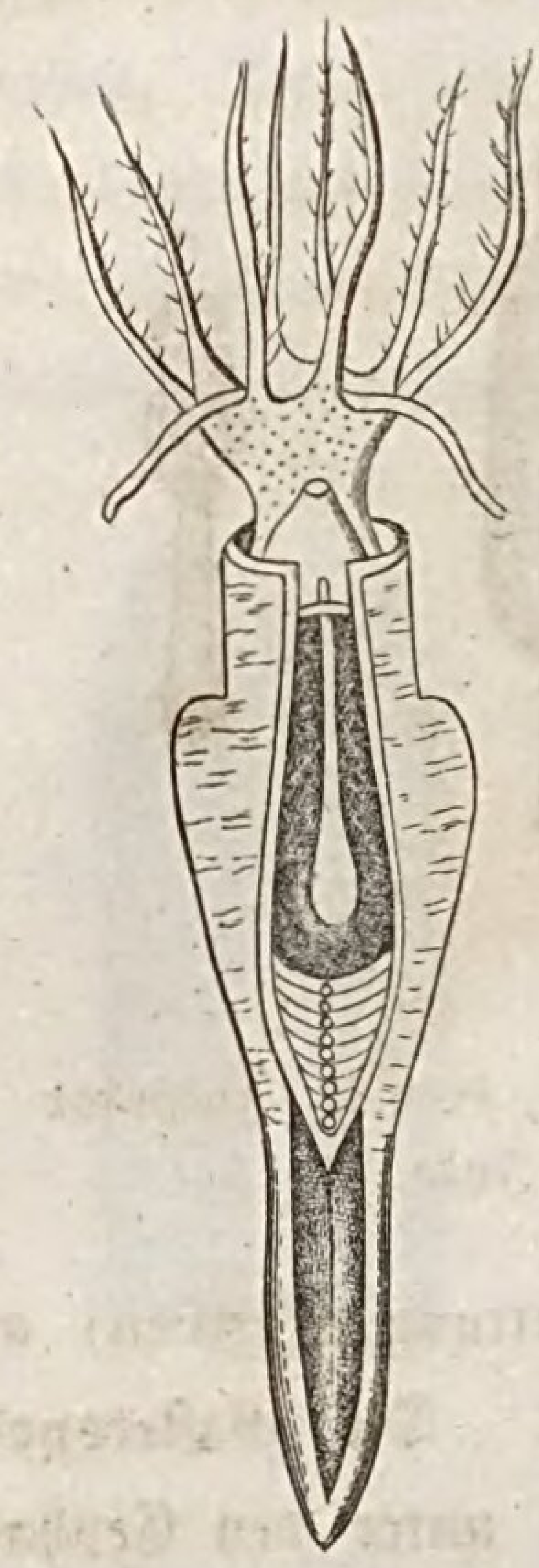


Fig. 49.

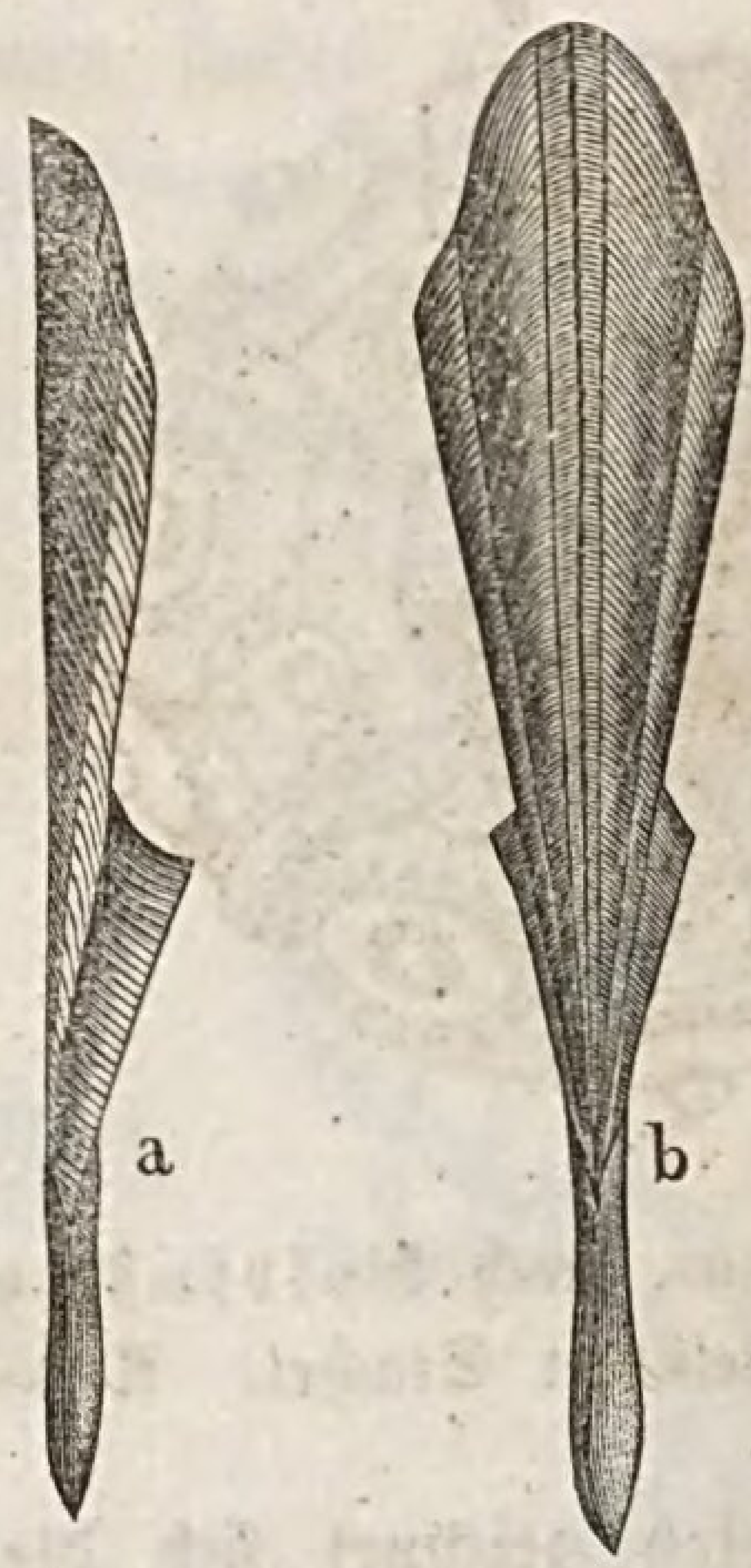


Fig. 50.

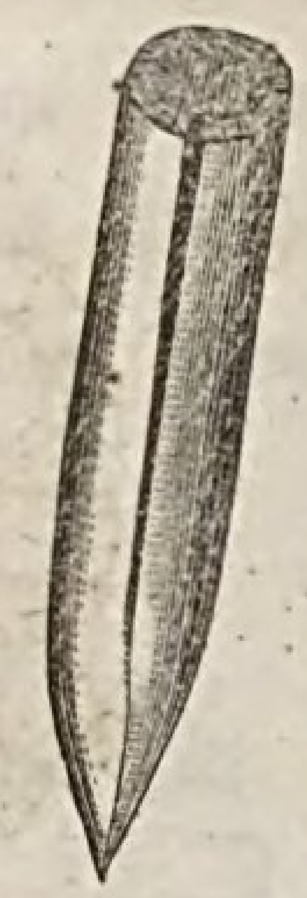


Fig. 48: Ein vollständiger Belemnit, nach Owen's Untersuchungen zusammengestellt, in der Mitte aufgeschnitten, um die Kammern, den Sipho und Tintenbeutel zu zeigen.*)

Fig. 49: a. b. Belemniten mit dem hornig-kalkigen Knochen, von der Seite und vom Rucken gesehen, nach d'Orbigny.*)

Fig. 50: Belemnites canaliculatus ($^1/_3$ nat. Gr.) nach Zieten. Aus dem braunen Jura von Würtemberg.**)

aneinanderliegenden, sehr dünnen Querscheidewänden, welche gegen die Spitze des Kegels hin konvex sind und die Form von Uhrgläsern haben. Die Crustaceen werden durch zahlreiche Stomatopoden und großschwänzige Decapoden vertreten; Insekten und namentlich Hexapoden finden sich hier zuerst in nicht geringer Anzahl vor. — Unter den Fischen sind die Heterocerken (d. h. Fische mit ungleichlappiger Schwanzflosse) verschwunden; die Homocerken (Fische mit gleichlappiger Schwanzflosse) treten allein noch auf; sie gehören aber fast alle zu den Ganoiden mit Schmelzschuppen oder zu den Placoiden; Knochenfische fehlen noch.

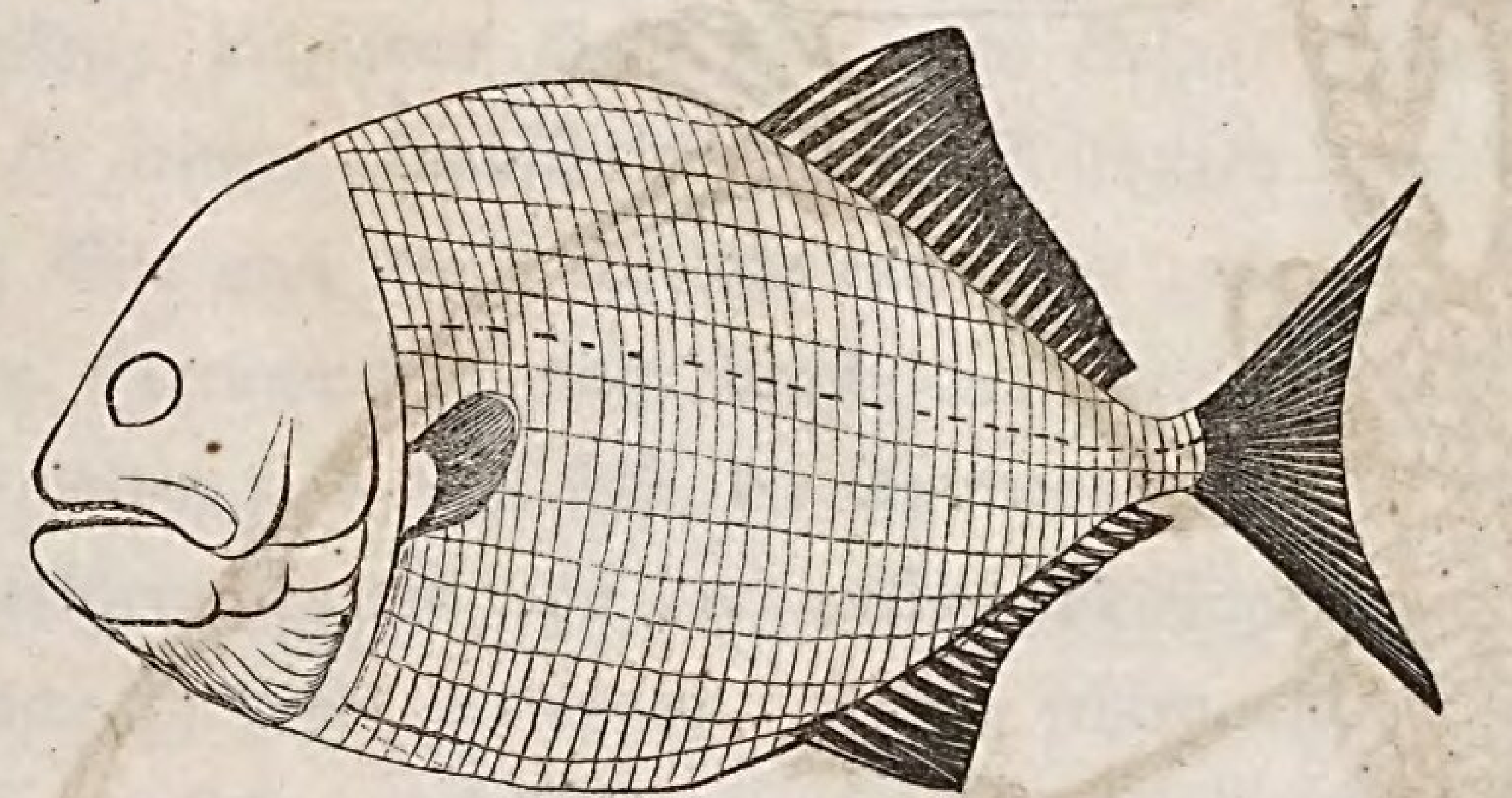
---

*) Copie nach Geinitz. Taf. XXIII. Fig. 8 u. 9.

**) Desgl. Taf. XII. Fig. 14.

Die zu den Ganoiden gehörigen Chimäriden sind zahlreich; Strophodus-Arten, Pycnoden, Dapedien u. a. gehören zu den bekanntesten. Statt der vielen aufgefundenen Reste von Fischen, Skelette, Zähne u. s. w. führen wir hier nur eine ideale, nach jenen Resten entworfene Zeichnung von Agassiz vor (Fig. 51). — Unter den Reptilien fehlen

Fig. 51.



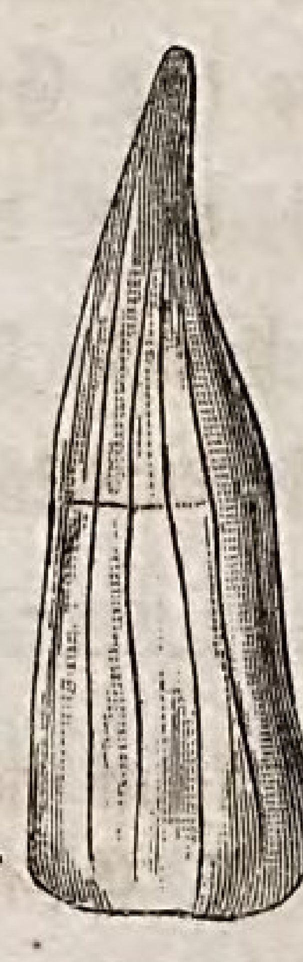
Ideale Zeichnung von Dapedius politus nach Agassiz ($^3/_8$ nat. Gr.). Aus dem Lias-Schiefer Englands.*)

noch Schlangen und Frösche; aber die Echsenarten, die Saurier erreichen hier ihre größte Entwicklung und die Herrschaft über die Thierwelt; die Schildkröten sind schon zahlreich vertreten. Unter jenen sind namentlich die Seeeidechsen oder Enaliosaurier ausgezeichnet. Die fast abenteuerlichen Ichthyosauren (Fig. 52), Megalosauren, Plesiosauren u. s. w.

Fig. 52.



Ichthyosaurus communis aus dem Lias.
a. Zahn ($^2/_3$ nat. Gr.) **)



*) Nach Bronn. Lethaea. Taf. XXIV. Fig. 2.
**) Copie in $^1/_2$ Gr. nach Bronn. Lethaea Taf. XXVI. Fig. 2.

finden sich hier aufbewahrt und die ihnen nahe verwandten Pterodacty=len (Fig. 53) mit einer Flughaut wie unsre Fledermäuse versehen, ver=

Fig. 53.



Pterodactylus crassirostris in 1/4 nat. Gr. aus dem lithographischen Schiefer von Pappenheim. Nach Goldfuß.

mehren die Anzahl dieser wunderbaren und Ungeheuern gleichenden Geschöpfe. Esquiros**) sagt: „das Auftreten des Ichthyosaurus muß etwas Furchtbares, Fabelhaftes an sich gehabt haben. Wie ein Riese des Oceans taucht er aus dem Abgrunde, worin die Ereignisse die erste Manifestation erschaffener Wesen verschlungen hatten. Was muß dieser Ichthyosaurus für ein Thier gewesen sein! Man muß dieses monströse Reptil sehen, um an seine Existenz zu glauben. Wie die Menschheit, so hat auch die Natur ihre fabelhaften Zeiten gehabt. Es vereint dieser Ichthyosaurus in sich die Schnauze des Delphins, die Zähne des Crocodils, den Kopf der Eidechse, die Flossen eines Wallfisches und den Wirbelbau gewöhnlicher Fische; sein enormes Auge hatte häufig die Größe eines Menschenkopfes; in seinem Bauche finden sich Ueberreste von Fischen und Reptilien, die ihm damals zur Nahrung

*) Copie nach Geinitz. Taf. VI. Fig. 1.

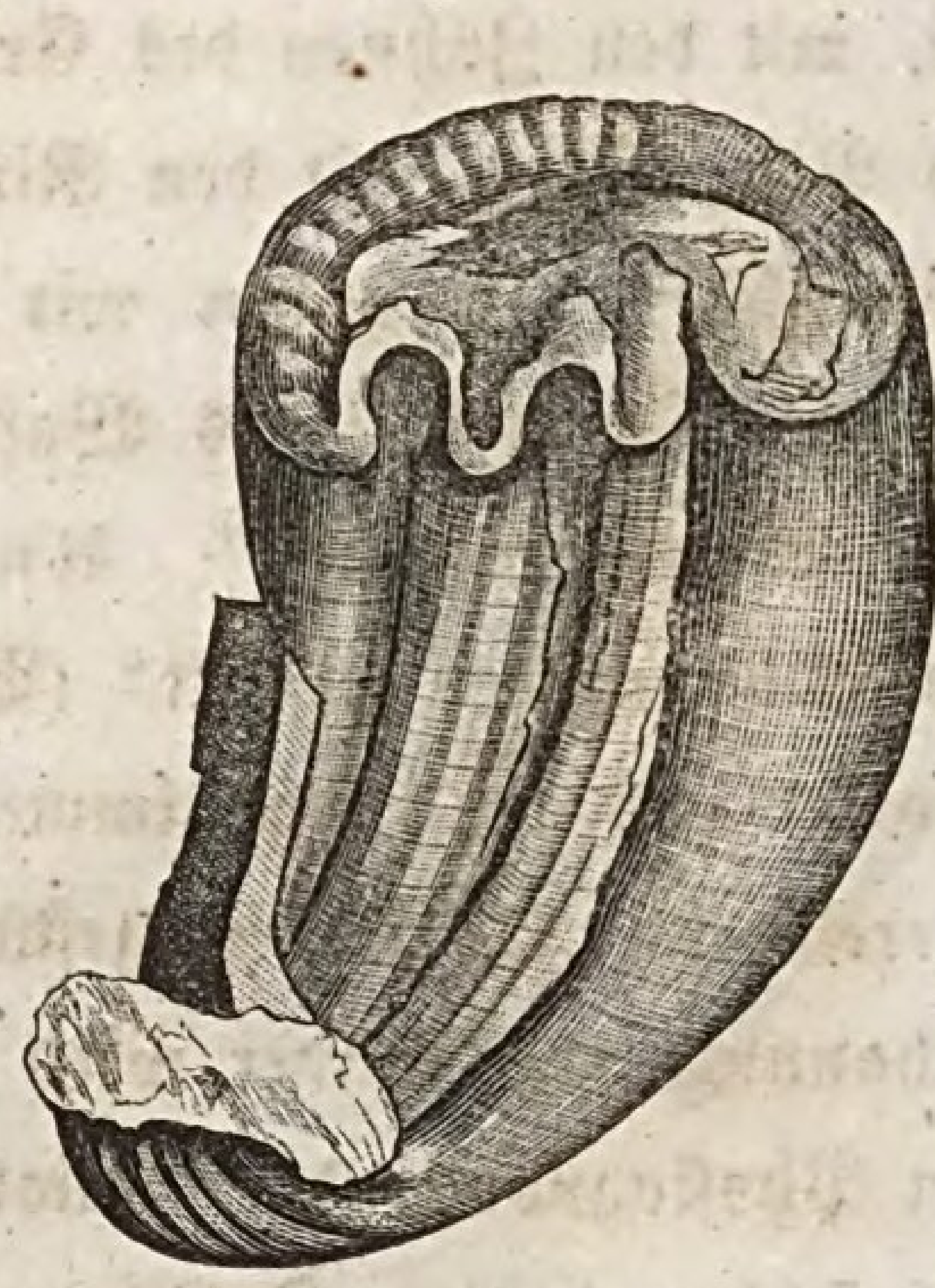
**) S. Cotta's Briefe zu Humboldt's Kosmos I, pag. 152.

dienten. Dem Ichthyosaurus zur Seite steht der Plesiosaurus, ein Thier, welches die Hydren, Drachen und alle andern fabelhaften Thiere rechtfertigt. Mit dem Kopfe der Eidechse, mit den Zähnen des Crocodils, mit dem Rumpfe und Schweife des Vierfüßlers, mit den Rippen des Chamaeleons und den Finnen des Wallfisches, so haben wir den Plesiosaurus vor uns. Er schwamm auf der Oberfläche des Wassers, den schlanken, biegsamen Hals nach allen Seiten wendend." Unger hat uns in seinen „landschaftlichen Darstellungen der Urwelt" (Wien 1847) ein Bild auch dieser Periode entworfen und mag man immerhin von diesen Erzeugnissen einer durch vereinzelte Thatsachen gestützten Phantasie halten was man will, die Anschauung jener Bilder wird doch einen ungefähren Begriff von der wilden Physiognomie der damaligen Erdoberfläche zu geben vermögen. Vögel fehlen in der Oolithen-Periode noch gänzlich; auch Fährten von ihnen sind bis dahin unbekannt. Von Säugethieren kommen nur Reste zweier ausgestorbener Sippen vor; das Phascolotherium Bucklandi, welches den Beutelthieren zugezählt wird und das Thylacotherium oder (nach Owen) Amphiterium Prevosti, von welchen beiden, wie schon oben erwähnt, in den Stonesfield-Schiefern, die Kinnladen gefunden wurden.

Wir kommen zur Kreidegruppe. Die Fauna derselben zeigt im Wesentlichen keine bedeutenden Fortschritte, doch schließt mit ihr das Vorkommen mancher bisher beobachteter Gattungen ab, und andere Gattungen gelangen zu weiterer Entwicklung. Die Rhizopoden oder Foraminiferen finden sich namentlich in der weißen Kreide und den Kreidemergeln in großer Anzahl und vielen Familien vertreten; manche neue Arten von Polypen treten auf; die Bryozoen sind sehr ausgezeichnet und vielfach vertreten; man findet sie auf vielen Versteinerungen; Escharineen, Celleporiden und Reteporiden sind unter ihnen bemerkenswerth. Acalephen-Reste sind noch zweifelhaft. Von den Echinodermen nehmen die Crinoiden sehr ab und verschwinden mit der Kreide, Seesterne und Seeigel kommen dagegen in sehr reicher Menge vor. Unter den zahlreichen Acephalen kommen Terebrateln vor und vor Allen die Rudisten oder Hippuriten, die sich ganz auf diese Gruppe beschränken (Fig. 54 a. f. S.). Diese letztern finden sich in Bänken vereint und sind aus zwei ungleichen Schaalen zusammengesetzt. Das Thier ist unbekannt.

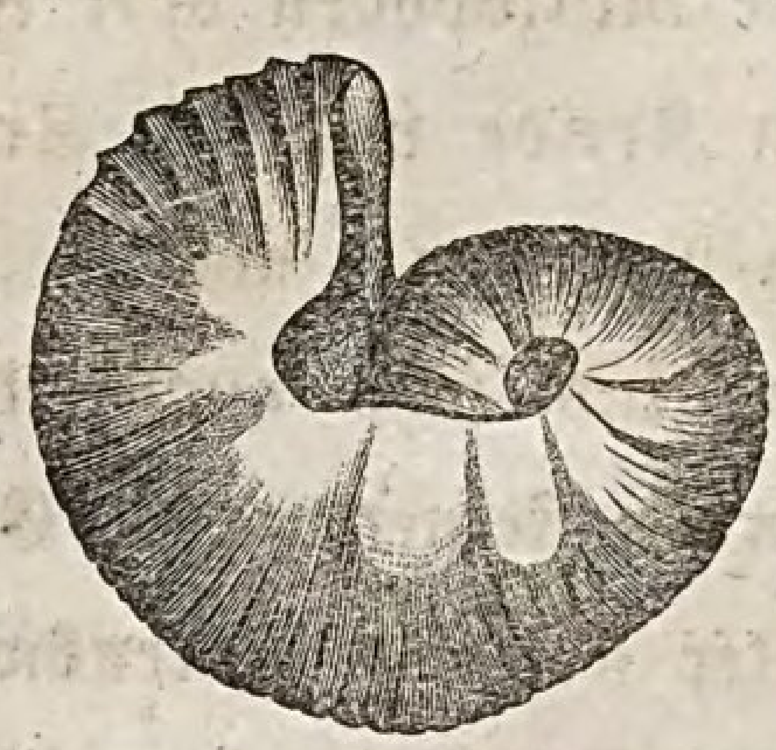
Die unregelmäßige, zweiklappige Schaale ist groß, dickwandig, ungleichklappig, mit einer Klappe aufgewachsen. Beide Klappen sind grade oder spiral-dütenförmig, mit der Oeffnung einander zugewendet, nur die Deckel-Klappe wird zuweilen ganz flach. Die innere Höhle entspricht der äußern Form nicht, sondern ist unregelmäßig, durch 2—3 seitliche Längsfalten und andre Vorsprünge lappig, zuweilen auch in mehre ganz getrennte Höhlen getheilt." **) Gasteropoden finden sich zahlreich und in neuen, schon in die heutige Fauna hineinreichenden Formen; die Rostellarien, die Faltenschnecken, die Spindelschnecken kommen vielfach vor. Unter den Cephalopoden kommt hier die Gattung der Ammoniten zur höchsten Entwicklung; sie sind neben den Rudisten die wichtigste Thierfamilie der Kreide. Zu ihnen gehören die Scaphiten (Fig. 55), die Hamiten (Fig. 56), die Baculiten (Fig. 57) und Tur-

Fig. 54.



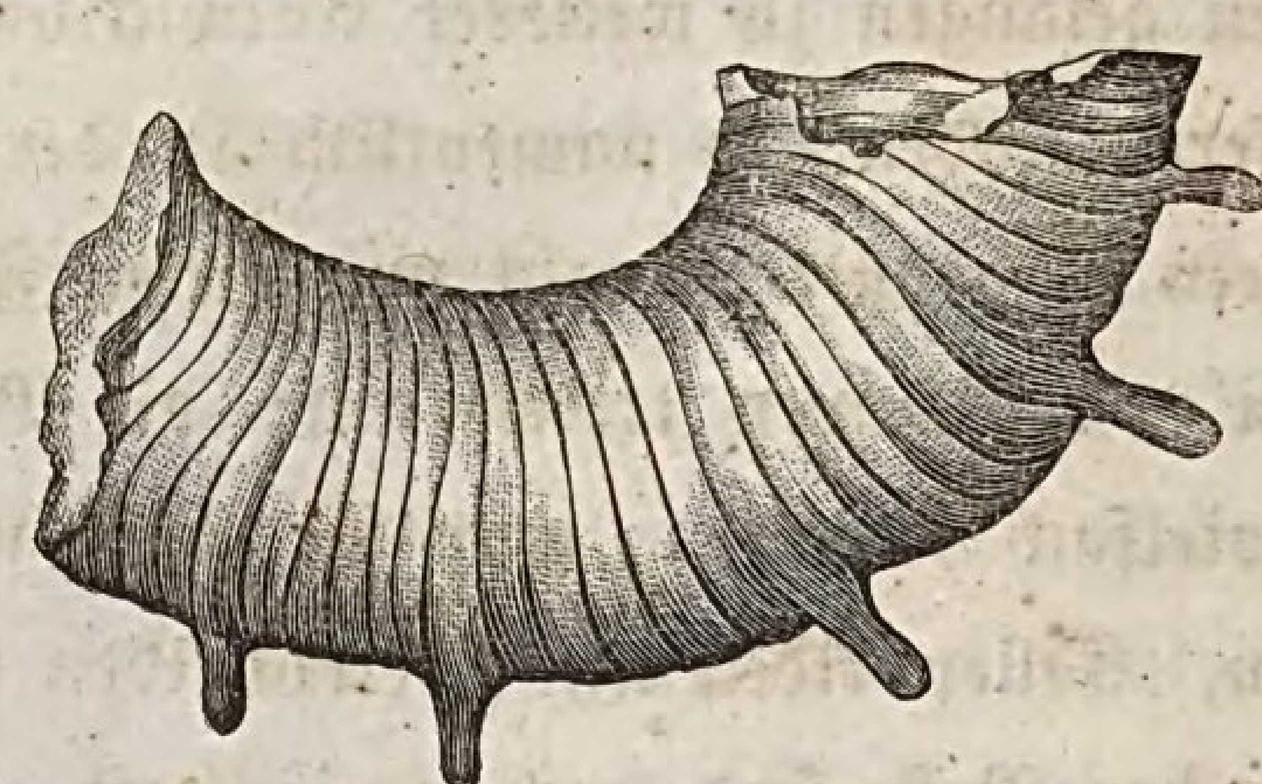
Hippurites cornu vaccinum. (Ein Kern mit einem anhangenden Stück Schaale.) Aus dem Hippuriten-Kalk des Untersberges in Salzburg. *)

Fig. 55.



Scaphites aequalis aus der Kreideformation. ***)

Fig. 56.

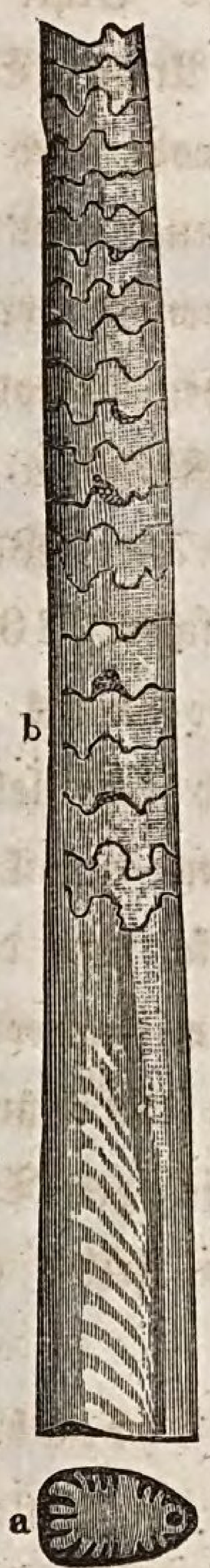


Hamites armatus. Von der Seite. (Bruchstück.) Aus dem Plänerkalk bei Strehlen. †)

*) Copie ($1/4$ nat. Gr.) nach Bronn. Lethaea Taf. XXXI. Fig 2.
**) Bronn Leth. geogn. 4. Lieferung, 1852. pag. 240.
***) Copie nach Bronn. Lethaea. Taf. XXXIII. Fig. 8.
†) Copie nach Geinitz. Taf. XII. Fig. 2.

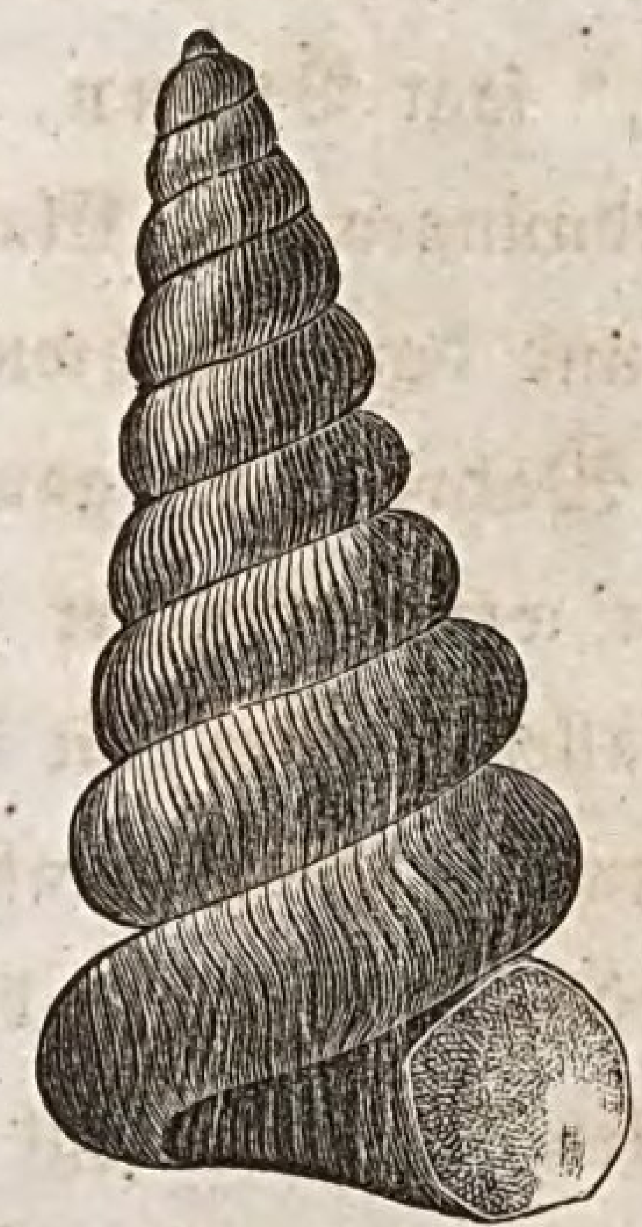
riliten (Fig. 58), welche sich in großer Menge finden. Die Ammoniten

Fig. 57.



Baculites anceps. (b. von der Seite, a. eine Scheidewand mit dem Sipho von vorn). Im Kreidemergel und sog. Baculitenkalk.*)

Fig. 58.



Turrilites polyplocus, verkleinert und ergänzt. Aus d. Plänerkalk von Strehlen.**)

aber sowohl, wie die Belemniten hören mit der Kreideperiode auf. Unter den Fischen treten hier zuerst die ächten Knochenfische, wenn auch noch nicht in zahlreichen Arten auf; Vogt sagt von den diese Periode charakterisirenden Fischen, daß sie gewissermaßen ein Bindeglied zwischen denen der frühern Schichten und den jetzt lebenden bilden. Unter den Reptilien sind die Frösche und Schlangen noch nicht vertreten; die Blüthezeit der Saurier ist vorüber, doch kommen hie und da noch Plesiosauren und Ichthyosauren vor; auch das riesenhafte Iguanodon findet sich noch. Riesige Pterodactylen bilden nach Bronn noch die merkwürdigste Erscheinung. — Von Schildkröten finden sich einige Wasserbewohner. Vögel und Säugethiere sind noch nicht vorhanden, außer einem zu den Palmipeden gehörigen Cincolioruis. —

Das Auftreten dieser höchst entwickelten Thierformen war der Zeit

---

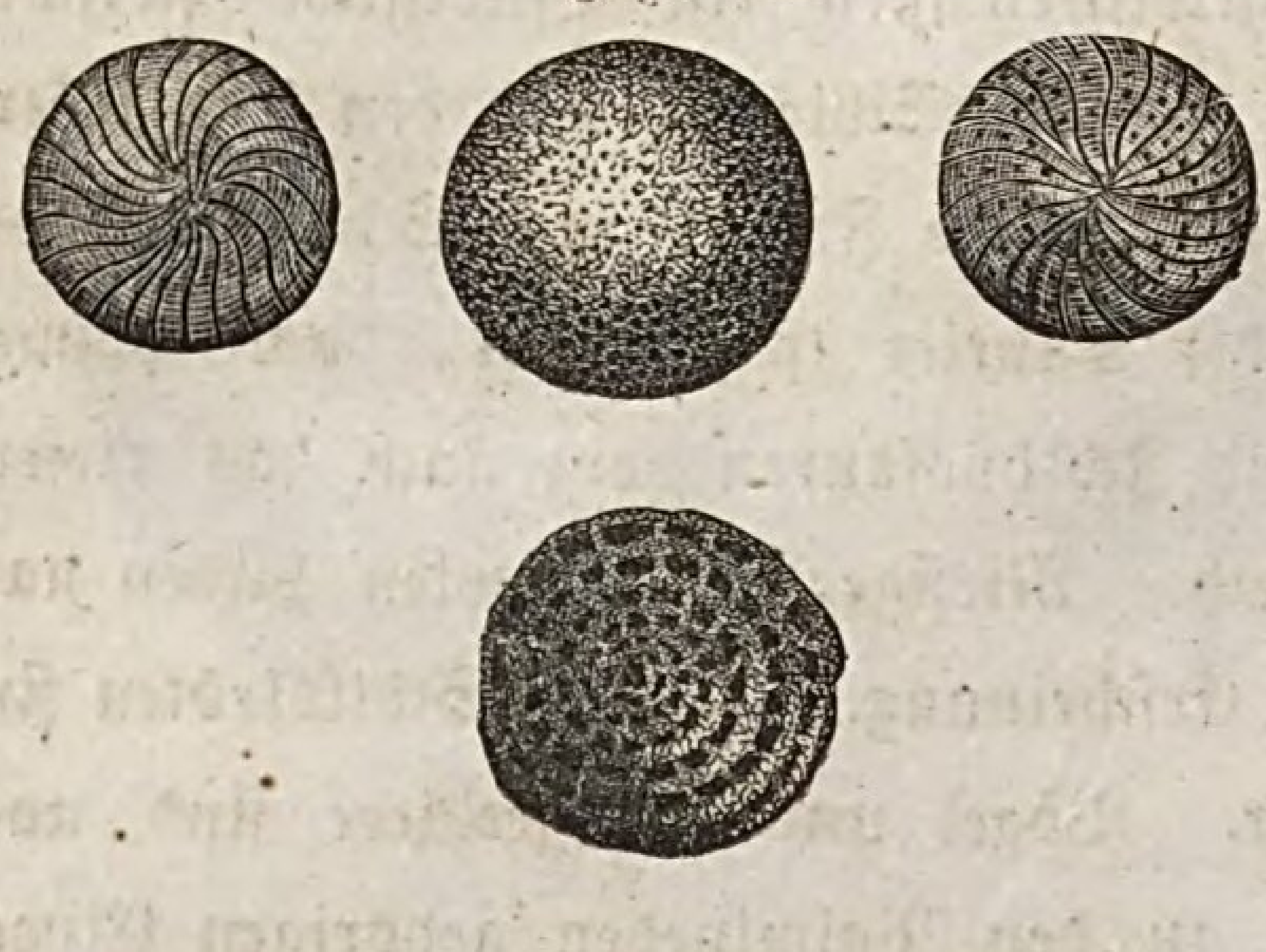
*) Copie ($^1/_3$) nach Bronn. Lethaea. Taf. XXXIII. Fig. 6.

**) Nach Geinitz. Taf. XII. Fig. 5.

der tertiären Formation oder der Molassegruppe vorbehalten, in welcher überhaupt, wie im Pflanzenreich, eine reiche und sich der gegenwärtigen annähernde Entwicklung des Thierreichs Statt hatte. „Im Ganzen," sagt Bronn, „nimmt die Anzahl der Arten, Sippen, Familien, Ordnungen und Classen fortwährend zu, obwohl auch einige Familien da und dort verschwunden sind. Die Schöpfung wird mannichfaltiger. Während im ganzen Reiche der Organismen in der Kohlenperiode nur wenige, in der Trias 0,50, in der Oolithen-Periode und Kreide 0,43 aller Sippen mit den noch lebenden übereinstimmten, macht deren Verhältniß in der Molassen-Periode im Ganzen 0,73. Während wir in den frühern Perioden die Zahlen der Arten zwischen 1100 und 5000 schwanken sehen, beträgt sie in der Molasse-Periode bereits 7000. Hier endlich treten auch die ersten Organismen von noch jetzt lebenden Arten auf. Im Ganzen haben aber die Sippen und Arten der Tertiär-Zeit in Europa einen etwas südlichern Charakter als die jetzt daselbst in gleicher Breite wohnenden; sie entsprechen theils mittelmeerischen Formen, theils und oft in auffallendem Grade denen des wärmeren Theiles von Nord-Amerika und Japan, mitunter den jetzigen Tropenbewohnern (Konchylien wie von Guinea u. s. w.), ja selbst australischen Formen." —

Die Classe der Kieselinfusorien, der Polygastrica Ehrenbergs, hat sich in der Molasse bedeutend vermehrt; sie treten mit 700 Arten in allen Niederschlägen aus salzem oder süßem Wasser auf. Unter den Rhizopoden oder Foraminiferen ist besonders ausgezeichnet die Gattung der Nummuliten, die dem Nummuliten-Kalk den Namen gab (Fig. 59). Sie bilden kleine scheibenförmige, runde, bald mehr, bald minder bauchige

Fig. 59.

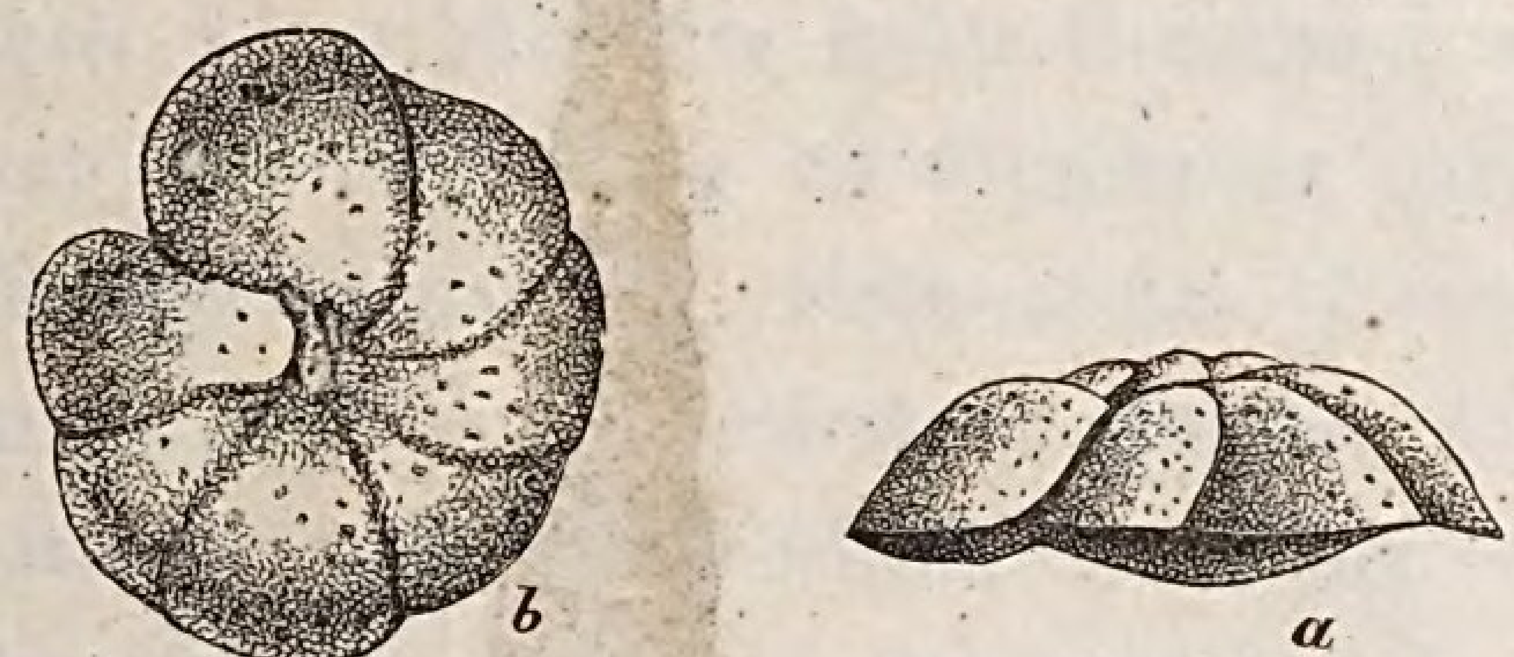


Nummulina lenticularis aus dem Nummuliten-Kalk der Tertiärformation.*)

*) Nach Bronn. Lethaea. Taf. XXXV. 2. Fig. 13.

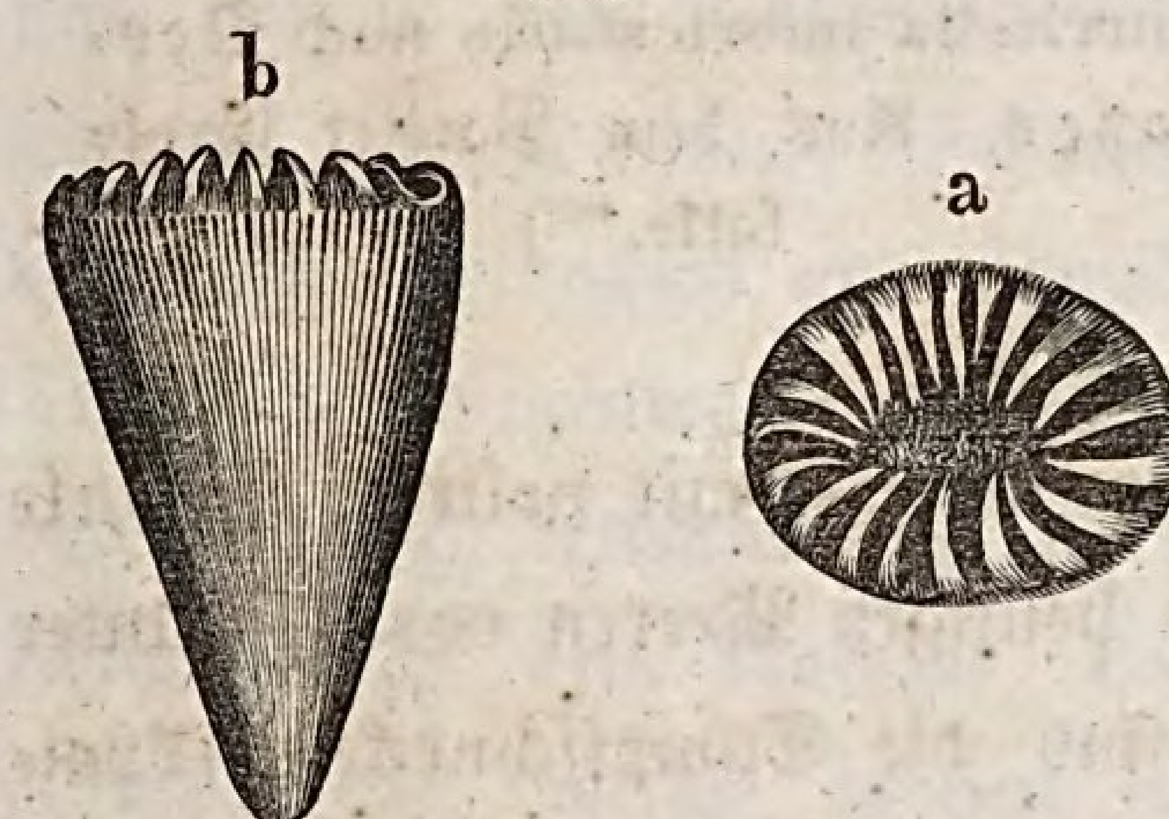
Körper oder Gehäuse mit spiralig gestellten Kammern, zum Theil ganz ähnlich den Rhizopoden der Gegenwart; sie setzen, wie die Kieselinfusorien, ganze Gebirgsmassen der Grobkalkgruppe zusammen. Die ziemlich gewundenen Rotalien (Fig. 60), die Robulinen u. a. sind unter ihnen ausgezeichnet. Unter den Polypen kommt die Gattung Turbinolia im sandigen Grobkalk in zahlreicher Menge vor (Fig. 61, 62 u. 63). Unter den Echinodermen haben die gestielten Arten aufgehört zu erscheinen: die Crinoiden sind bis auf 2—3 Arten gänzlich verschwunden; dagegen sind die höher stehenden Echiniden sehr zahlreich. Von Brachiopoden sind die Rudisten wieder verschwunden. Andere Acephalen fin-

Fig. 60.



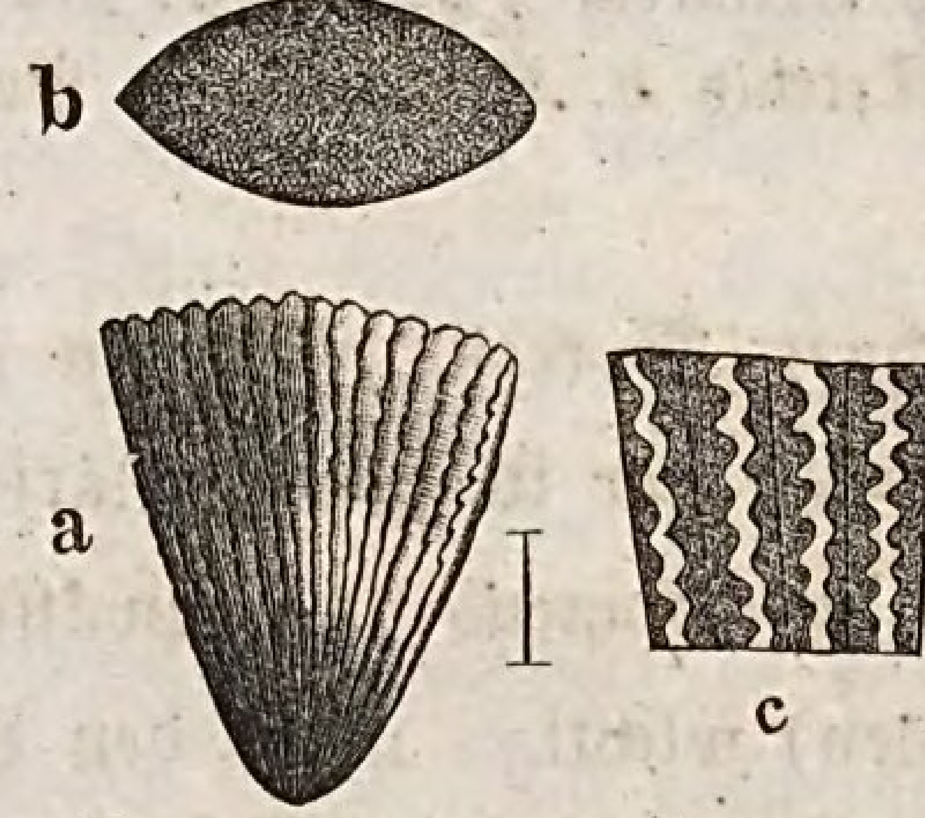
Foramifere. Rotalia Calenbergensis. In Sand-Schichten der Tertiärformation Norddeutschlands.*) (a. von der Seite, b. von oben.)

Fig. 61.



Turbinolia elliptica aus der untern Abtheilung des Grobkalkes.**) a. von oben, b. von der Seite.

Fig. 62.



Turbinolia crispa aus dem Grobkalk (vergrößert). a. von d. Seite. b. Form des Querdurchschnitts. c. vergrößerte Stelle der Seite.***)

Fig. 63.

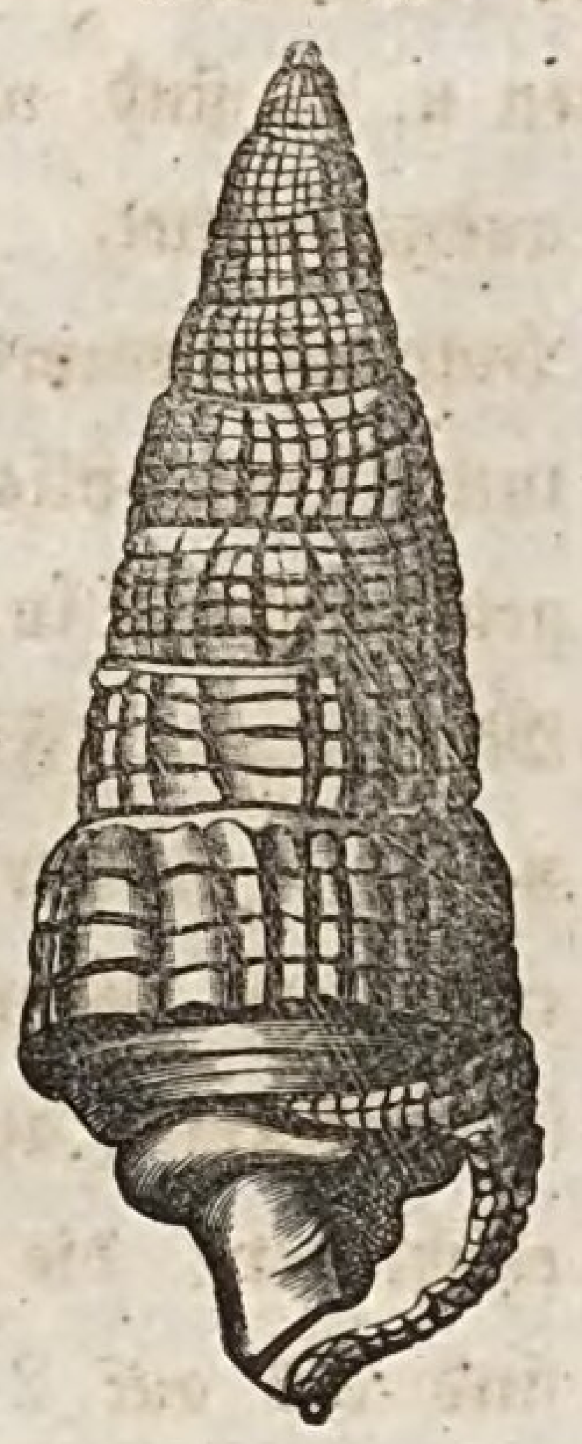


Turbinolie. Paracyathus procumbens aus dem Grobkalk.†)

*) Copie nach Bronn. Lethaea. Taf. XXXV. 2. Fig. 17.
**) Desgl. Taf. XXXVI. Fig. 2.
***) Desgl. Taf. XXXV. Fig. 3.
†) Desgl. Taf. XXXV. 4. Fig. 20.

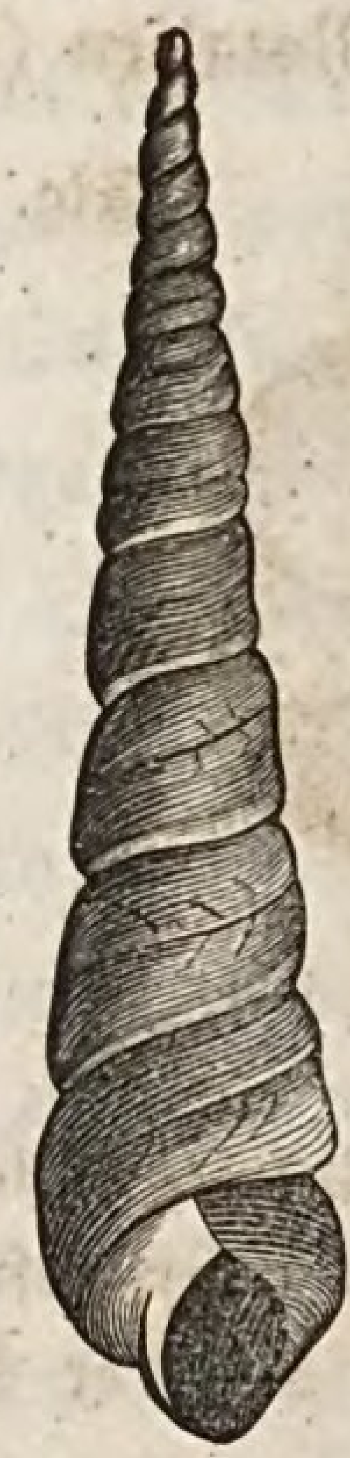
den sich in reicher Menge. Unter den Gasteropoden sind die schönen Cerithien (Fig. 64) und die Turritellen (Fig. 65) im Grobkalk ausge-

Fig. 64.



Cerithium plicatum (var: lignitarum). Aus tertiärem Thonmergel des Tunnels v. Triebitz b. Landskron in Böhmen.*)

Fig. 65.



Turritella imbricataria nach Deshayes. Aus dem Pariser Grobkalke.**)

zeichnet; Porcellanschnecken von eiförmiger Gestalt mit polirter Schaale kommen nur in den Tertiärschichten und heutigen Meeren vor. — Unter den luftathmenden Süßwasserschnecken sind die Sumpfschnecken (Lymneiden) wichtig; unter den Landschnecken die sog. Thürschnecken (Cyclostomiden) ausgezeichnet; sie haben dünne Schaalen mit runder oder halbmondförmiger Oeffnung, die mit einem Deckel vollständig geschlossen werden kann. Auch die Heliciden, zu denen unsre Garten- und Weinbergschnecken gehören, sind vertreten. Von den Cephalopoden sind Ammoniten und Belemniten geschwunden; sie sind überhaupt nicht zahlreich vertreten. Unter den Krustern beginnen hier die Balaniden; die schon längst erloschenen Trilobiten finden sich auch hier nicht; die kurzschwänzigen Decapoden (Krabben) gehören dagegen vorzugsweise der Tertiärformation und der Gegenwart an. Fossile Insecten finden sich

---

*) Nach Geinitz Taf. XIV. Fig. 3.
**) Copie nach Geinitz Taf. XIV. Fig. 6.

in zahlreichen Arten und namentlich in dem wahrscheinlich der Miocen-Periode angehörigen Bernstein wohlerhalten vor. „Hier sowohl, im Bernstein nämlich, wie in den steinigen Gebirgsschichten sind alle Tausendfüßler, Spinnen und alle Ordnungen der Hexapoden gleichmäßig vertreten und nur in dem Grade häufiger oder seltener, als die Derbheit ihrer Körperhülle ihre fossile Erhaltung mehr oder weniger begünstigt und ihre Lebensweise die Einführung ihrer Leiber in die entstehenden Gesteinsniederschläge erleichtert hat. Bewohner von Bäumen und häufig in der Luft umherschwärmende Formen finden sich am häufigsten; die zarten Schmetterlinge selten." *) Unter den Fischen gewinnen die Knochenfische bedeutend das Uebergewicht; sie mögen 0,80 der sämmtlichen Fischarten betragen. Haifische und Rochenzähne finden sich in großer Anzahl. An 200 Arten ohne Ausnahme ausgestorbener Fische finden sich am Monte Bolca bei Verona; sie haben meistens eine Form, wie die jetzt in den tropischen Meeren lebenden Arten. Unter den Reptilien sind die in den vorhergehenden Perioden vorkommenden riesenhaften Saurier geschwunden; Schlangen und Froscharten treten dagegen auf. Crocodile, Eidechsen und Schildkröten tragen mehr oder weniger den Typus der Gegenwart. — Die Classe der Vögel beginnt, abgesehen von den oben erwähnten Fährten im bunten Sandstein, in den Tertiärschichten; in dem Mainzer, Londoner und Pariser Becken finden sich Knochenreste, welche großen straußartigen Thieren angehört zu haben scheinen. In dem Diluvium und Alluvium hat man selbst versteinerte Eier, deren Aeußeres wohlerhalten und deren Inneres mit Kalkspath ausgefüllt ist, **) aufgefunden und noch kürzlich wurde mitgetheilt, daß Geoffroy St. Hilaire auf Madagascar und Bourbon sehr große versteinerte Eier gefunden habe, die sich alsbald im Pariser Museum befinden werden. Insonderheit interessant sind aber die Tertiärformationen durch die riesenhaften Säugethiere, welche hier zuerst in großer Anzahl und in einer den Sauriern der Oolithenperiode zu vergleichenden Gestalt auftreten. Das riesenhafte zu den Walen gehörige Zeuglodon, die Dinotherien, die Mammuthe (Fig. 66) (Elephas

---

*) Bronn, Lethaea. 5. Lief. pag. 86.

**) S. Cotta a. a. O. pag. 158.

Fig. 66.



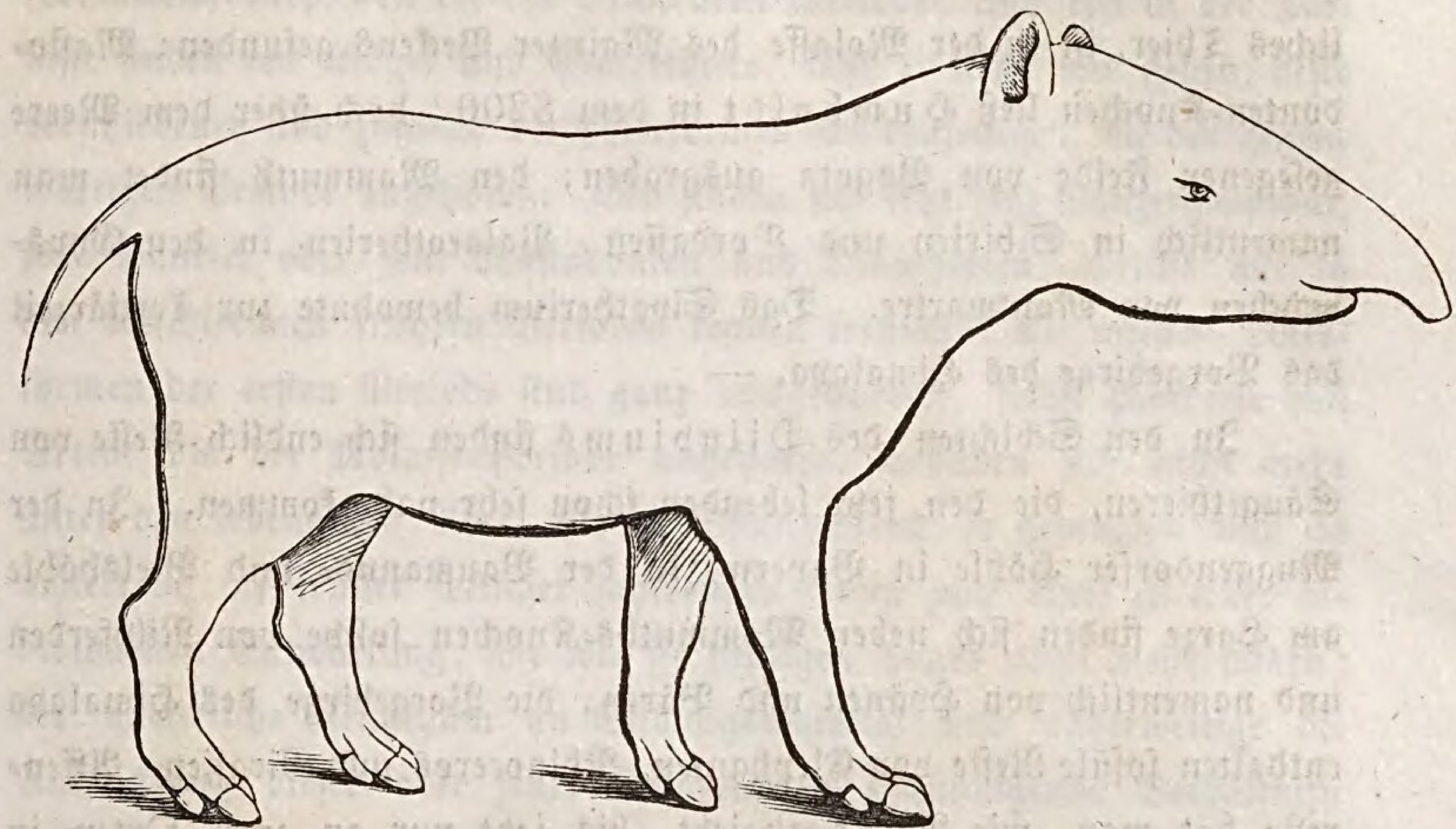
Skelett des Mammuth (Elephas primogenius).

primogenius), die Mastodonten, die den Tapiren nahe kommenden Palaeotherien (Fig. 67), die Anaplotherien, das zu den Wiederkäuern gehörende Sivatherium, der zu den Hirschen gehörige Cervus megaceros, die den Faulthieren ähnlichen Megatherien und die Mylodonten (Fig. 68)

---

*) Aus Vogt's Lehrbuch der Geologie copirt. —

Fig. 67.



Umriß des Palaeotherium magnum. Aus den Gypsbrüchen von Montmartre, nach der Restauration von Cuvier.*)

Fig. 68.



Mylodon robustus. Aus dem Pampasthone.*)

---

*) Aus Vogt's Lehrbuch der Geologie copirt. —

gehören hierher. Das Dinotherium, ein riesenmäßiges, elephantenähnliches Thier, ist in der Molasse des Mainzer Beckens gefunden; Mastodonten-Knochen ließ Humboldt in dem 8200' hoch über dem Meere gelegenen Felde von Bogota ausgraben; den Mammuth findet man namentlich in Sibirien und Nordasien, Palaeotherien in den Gypsbrüchen von Montmartre. Das Sivatherium bewohnte zur Tertiärzeit das Vorgebirge des Himalaya. —

In den Schichten des Diluviums finden sich endlich Reste von Säugethieren, die den jetzt lebenden schon sehr nahe kommen. In der Muggendorfer Höhle in Bayern, in der Baumanns- und Bielshöhle am Harze finden sich neben Mammuths-Knochen solche von Nilpferden und namentlich von Hyänen und Bären; die Vorgebirge des Himalaya enthalten fossile Reste von Elephanten, Rhinoceros und Giraffen. Affenreste hat man, wie Vogt angiebt, bis jetzt nur an zwei Orten in Europa gefunden: in Sansans bei Auch (Departement du Gers in Südfrankreich) und in Kyson in Suffolk bei 52° nördlicher Breite, während die jetzigen Affen nicht über den 37° nördl. Breite hinausgehen.

Schließlich tritt unter den Versteinerungen des Alluvium und zwar auf Guadeloupe das erste menschliche Skelett auf; es beginnt damit die gegenwärtige Periode. In dieser entfalteten sich erst die Thier- wie Pflanzenarten zu jener Mannigfaltigkeit, wie sie uns heute umgiebt und wie sie in keiner frühern Periode sich vorfand; ihr war insonderheit die reiche Entfaltung der höher entwickelten Pflanzen- und Thierformen vorbehalten. — Während auch in der Molasseperiode nur etwa 7000 Arten von Thieren aufgefunden worden sind, beträgt die Zahl der Arten der gegenwärtigen Schöpfung circa 120,000; und während die Artenzahl sämmtlicher fossiler Pflanzen, so weit sie bis jetzt bekannt sind, 2400 nicht übersteigt, trägt unsre heutige Erde eine Flora mit über 100,000 Arten.

Werfen wir nun einen kurzen Rückblick auf all jene, hier nur in größter Kürze skizzirten Faunen der verschiedenen Erdschichten, so gelangen wir in der That zu ganz denselben Resultaten, wie bei der Betrachtung des Pflanzenreichs. Auch im Thierreich tritt uns jene vom Niedern zum Höhern aufsteigende Entwicklung der Organismen entgegen; Fische bilden die höchste Bildungsstufe der Bronn'schen Kohlen-

formation, Reptilien die der secundären Periode, und erst in der Molasse finden wir Vögel und Säugethiere. Und je tiefer wir gehen, desto verschiedener sind zugleich die Thierformen von denjenigen, die der gegenwärtigen Periode angehören. Wo finden sich jetzt jene Panzerganoiden, jene Saurier oder jene Mastodonten und Dinotherien, welche wir in den verschiedenen frühern Perioden kennen lernten? Die meisten Thierformen der ersten Periode sind ganz ausgestorben, selbst Hunderte von Arten, die der Molasse-Periode angehören, befinden sich nicht mehr unter den lebenden. Aber, wie im Pflanzenreich, so gelangten auch im Thierreich die früher weniger zahlreichen Arten zum Theil zu einer individuellen Entwicklung, wie wir sie heutigen Tages nicht mehr finden; der unendliche Reichthum an Bildungsmaterial und anderweitige die Entwicklung dieser oder jener Organismen begünstigende Verhältnisse lassen sich daraus erschließen.

Ein näherer Verfolg dieser Verhältnisse bietet ein überaus großes Interesse dar. Das Studium der einzelnen fossilen Thierformen und ihrer größern oder geringern Verwandtschaft mit denen der Gegenwart, der Vergleich der verschiedenen Artenmenge früherer Perioden mit derjenigen der jetzigen Fauna, das nähere Studium der einzelnen Fundorte u. s. w. erheben die Palaeontologie zu einem der unterhaltendsten und für weitere Fragen lehrreichsten Gebiete der Naturforschung. Hier müssen wir uns auf die gegebenen Andeutungen beschränken. Haben sie Lust und Liebe zu einer nähern Kenntniß des weiten Reichs der vorweltlichen Organismen rege gemacht, so verweisen wir auf das Studium der oben schon namhaft gemachten Werke, und neben ihnen u. a. auf Quenstedt's Handbuch der Petrefactenkunde mit Atlas (Tübingen 1852), so wie auf Geinitz: Grundriß der Versteinerungskunde (Dresden 1846); vor Allem aber auch hier wieder auf den Besuch unsrer Museen, auf die unmittelbare Anschauung der Naturerzeugnisse selbst. Absichtlich haben wir hier und dort sorgfältiger Untersuchungen specieller Gebiete ausführlicher gedacht, als es dem Zwecke dieser Vorträge entspricht; aber das Eingehen auf diese giebt, wie in allen Zweigen der Wissenschaft, so auch bei dem Studium der Palaeontologie erst den wahren Begriff von dem hohen Interesse, welches mit demselben verknüpft ist und unserm Wunsche, dasselbe klar hervortreten

zu lassen, konnte nicht besser, als in dieser Weise entsprochen werden. Je mehr es noch in der Palaeontologie zu fragen, zu enträthseln und zu denken giebt, um so lebhafter erregt uns die Mittheilung durch umsichtige Forschungen entdeckter Thatsachen, die, wie u. a. Goeppert's neuere Untersuchungen über die fossilen Vegetabilien, die schwierigsten Fragen mehr und mehr einer befriedigenden Lösung entgegenführen. —

Fünfter Vortrag.

Betrachtungen über die erste Entstehung und die allmählige Entwicklung der Organismen.

Daß die Entwicklungsgeschichte der Erde und ihrer Bewohner als ein integrirender Theil der allgemeinen Physiologie zu betrachten sei, wurde schon früher einmal hervorgehoben. Erst nach erlangter Uebersicht über das eng zusammenhängende Ganze der uns gegenwärtig umgebenden Welt wird man herausfühlen, daß unsere vorangeschickten, wenn auch nur skizzenartigen Betrachtungen der gesammten physiologischen Anschauung gewissermaaßen Grund und Boden geben, daß eine mangelnde Kenntniß jener Entwicklungsgeschichte nicht mit Unrecht als die Ursache mangelhaften Verständnisses einzelner Gebiete der Physiologie bezeichnet werden darf. Mancher Begriff andrerseits ist schon jetzt festgestellt. So wissen wir, daß unsre heutige, lichtdurchdrungene Atmosphäre nur den Rest jenes ursprünglichen Erd-Gasballes bildet, dessen elementare Bestandtheile zum größten Theil zur festgewordenen Masse unserer Erdkruste oder zum tropfbar-flüssigen, die Tiefen der Erdoberfläche ausfüllenden Wasser verdichtet wurden; so wissen wir ferner, daß die sämmtlichen unorganischen Bestandtheile, von denen als Bestandtheilen des pflanzlichen oder thierischen Organismus die Rede ist, nur der festen Erdrinde oder dem sie bespülenden Wasser entnommen sein können; so ferner, daß die sämmtlichen organischen aus Kohlenstoff und Wasserstoff, oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehenden Verbindungen ihre Elementarstoffe möglicherweise sämmtlich der jetzigen Atmosphäre entnehmen können, denn Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure nebst wechselnden Mengen von Wasserdampf sind eben die Residuen des Urgasballs der Erde, welche unsre heutige Atmosphäre bilden.

Allein das Studium der Entwicklungsgeschichte des Erdkörpers und insonderheit der Palaeontologie hat noch einen andern und hohen Werth. Wie es einen Jeden unmittelbar und unwillkürlich zu der Frage hindrängen muß nach der ersten Entstehung pflanzlicher und thierischer Organismen, und nach der Ursache der allmählig fortschreitenden Entwicklung derselben, so bietet es selbst auch gleichzeitig eine zuverlässige Handhabe zur annähernden Lösung dieser schwierigen Frage dar und greift damit ein in die größten und schwierigsten Probleme der Menschheit, ja in das Gebiet unseres Glaubens, unserer religiösen Ueberzeugung. Je größer die thatsächlichen Fortschritte der Physiologie sind, um so größer wird auch ihre Berechtigung auf jenem heutigen Tages so vielfach discutirten und zerrissenen Gebiete zu Rathe gezogen zu werden. Wissen und Glauben sind nicht zwei getrennte Gebiete; sie als unvereinbar darstellen heißt nichts weiter, als eins derselben als vernunftwidrig bezeichnen, denn was vernunftgemäß ist, muß auch mit einander vereinbar sein und daß es Gegenstände des Glaubens, Gränzen der sinnlichen Wahrnehmung giebt, ist eben so gewiß, als daß es Gegenstände des Wissens giebt. Eben deshalb aber ist eine umfassende Kenntniß der physiologischen Thatsachen für jede weitere Abstraction eine unerläßliche Nothwendigkeit. Wer sich nicht einem blinden Glauben hingiebt, nicht einer jeden Vernunftkritik absichtlich entzieht, der wird sich solcher Erkenntniß um so mehr befleißigen, als er nur damit zur richtigen Erkenntniß der Gränze menschlichen Wissens gelangt und dem weiten, bis dahin jeder physiologischen Erklärung unzugänglichen Gebiete des Glaubens sein Recht zu verschaffen vermag.

Wir verkennen es keineswegs, daß die Palaeontologie ein noch sehr der Erweiterung und Entwicklung bedürftiger Zweig der Naturwissenschaften ist. So weit sie auch durch die unabläßigen Bemühungen ihrer vielen und großen, von reinem Drange des Wissens getriebenen Verehrer in den letzten Decennien gefördert ist, es bleiben noch viele Lücken auszufüllen und mit aller Sicherheit läßt es sich annehmen, daß im Laufe der kommenden Jahre durch die europäischen Grenzen überschreitende Untersuchungen noch manch unerwarteter, lehrreicher Fundort entdeckt werden wird. Aber dennoch zieht es uns schon mächtig zu dem Versuche einer Lösung jener interessanten Frage nach der ersten Ent-

stehung der pflanzlichen und thierischen Organismen, nach dem ersten Entstehen organischen Lebens hin; es lockt uns auch hier das Reich der Hypothese, in welches man nach der Ermittlung einer Reihe von Thatsachen dann und wann nur zu gern hinübergreift, in welches für wissenschaftlichen Fortbau und richtige Fortführung dieser und jener Untersuchungen der Uebergriff aber oft auch nicht nur erlaubt ist, sondern sogar zur Nothwendigkeit wird. Wagen wir denn einen Versuch. Durchdrungen von dem Wunsche nach einer Einigung unsrer naturwissenschaftlichen und religiösen Ueberzeugungen, nach klarer Erkenntniß der Grenze unseres jetzigen Wissens, entgegen ferner eben so sehr denjenigen, welche eine Trennung beider Gebiete wollen, als denjenigen, welche der Grenze menschlicher Einsicht vergessend, nichts statuiren, als was sie sinnlich begreifen und wahrnehmen können, dürfen wir uns sorglos jenen schwierigen Fragen hingeben. Und ob wir auch fern davon sind, eine definitive, wohl kaum jemals durch stricten Beweis zu erhärtende Lösung derselben herbeizuführen, schon das hat seinen Werth und sein hohes Interesse, daß man sich des gegenwärtigen Standpunktes der Wissenschaft gegenüber den zu aller Zeit waltenden Vorstellungen und Vermuthungen klar bewußt wird; was man dabei als eigene Ueberzeugung hinstellt, darf selbstverständlich niemals auf mehr, als auf den Werth einer subjectiven Anschauung Anspruch machen und sich nicht etwa einen Vorzug vindiciren vor irgend welcher andern durchdachten und an Thatsachen sich anlehnenden Vorstellung.

Es bedarf zunächst wohl kaum noch der Bemerkung, daß der Stoff, aus dem die uns umgebende Welt besteht, noch immer derselbe ist, der er von Anfang an war, daß die Elementarstoffe selbst keine Veränderung erlitten. In den ältesten Granitmassen finden wir dieselben Elemente, wie in dem aus den Verwitterungsmassen der Eruptionsgesteine und deren Anschwemmung hervorgegangenen Alluvialboden. In den glühenden Laven, die noch jetzt dem Innern der Erde durch vulkanische Ausbrüche entströmen, finden wir dieselben Bestandtheile, die in den ältesten massigen Gesteinen vorkommen. In den vor Tausenden von Jahren entstandenen Pflanzen und Bäumen, deren Reste uns die Steinkohlen- und Braunkohlenlager aufzeigen, finden wir Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in einer Verbindung, wie sie noch heutigen Tages, aus den Elementarstoffen zum Holz des Baumes zu-

sammengefügt, durch allmählige Metamorphosen desselben dargestellt werden kann. Und wie die Stoffe selbst, so sind auch die Gesetze, welche sie beherrschten und sie zu diesen und jenen Verbindungen nöthigten, noch immer dieselben; nur die Bedingungen, unter denen sie zur Geltung kamen, sind andere geworden. Noch heute verbindet sich der Sauerstoff mit dem Kohlenstoff zu Kohlensäure, das Eisen mit dem Sauerstoff zu Eisenoxydul und Eisenoxyd, der Schwefel mit dem Sauerstoff zu Schwefelsäure; noch heute bilden kieselsaures Kali und kieselsaure Thonerde, in bestimmten Proportionen gemischt, Feldspath und Glimmer; noch heute findet Anziehung und Abstoßung der Stoffe bei der Crystallbildung, bei der chemischen Verbindung in durchaus gleicher Weise Statt, wie sie bei der Erdbildung bis zu den ältesten Perioden hinauf stattgefunden hat; noch heute endlich ist es eine Eigenschaft der Pflanze, die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zur Holzfaser zusammenzufügen. Sollten wir da an einen Wechsel der Materie oder an einen Wechsel der sie beherrschenden Gesetze denken? Von Anbeginn an existirten die Elementarstoffe, die noch heutigen Tages die uns umgebende Welt zusammensetzen, und die sie beherrschenden Gesetze oder die ihnen immanenten Kräfte waren nicht minder von Anbeginn an dieselben.

Die unorganischen Verbindungen können wir, wie schon früher erwähnt, noch täglich zum größten Theil in unsern Laboratorien erzeugen; ihr erstes Entstehen birgt wenig Räthsel in sich, wenn wir die damaligen Temperatur- und Druckverhältnisse in Anschlag bringen. Dem Scharfsinn und der Hand geübter Chemiker, wie Bunsen u. A. gelingt es, mit künstlicher Nachahmung jener urweltlichen Verhältnisse, die verschiedenen Entstehungsweisen der Mineralien darzulegen und experimentell zu erweisen. Was aber war es, das die ersten organischen ternären und quaternären Verbindungen herstellte, die wir doch heutigen Tages fast nur in Pflanze und Thier sich bilden sehen? Wie entstand der erste Baum, das erste Thier, die wir heutigen Tages doch nur aus Saamen oder Ei hervorgehen sehen? Was war es, das zuerst in die todte Masse diejenige Bewegung hineinbrachte, die wir heutigen Tages mit dem Ausdruck „Leben" bezeichnen? Weshalb bildete sich denn nicht sogleich eine Welt, der jetzigen gleich, ein Thierreich, ein Pflanz-

zenreich, wie es uns heute umgiebt? Werden wir bei Ueberlegung dieser Fragen mit Nothwendigkeit zu der Annahme eines unmittelbaren Eingriffs des Schöpfers in die Gestaltungsprocesse der Materie hingedrängt, oder lassen sich die fraglichen Vorgänge möglicherweise auch in anderer Art erklären?

Wohl ist es wahr, Niemand von uns ist Zeuge jener ersten Schöpfungstage gewesen; Alles, was wir in Bezug auf sie denken und sagen ist bald mehr, bald weniger begründete Vermuthung. Gleichwie aber durch eine sorgfältige und umsichtige Berücksichtigung der natürlichen und künstlichen chemischen Vorgänge der Gegenwart, im Großen und Kleinen, die Entwicklungsgeschichte der unorganischen, die Erdkruste bildenden Verbindungen die wesentlichste Aufklärung und eine theilweise wohl unzweifelhafte Deutung erfahren hat, so wird sich auch die Entwicklung der organisirten Körper durch eine gleiche Berücksichtigung gegenwärtiger organischer Bildungen wenigstens begreifen und wahrscheinlich machen lassen. Es ist, wie es scheint, nur die größere Mannigfaltigkeit der Erscheinungen und jene wunderbare, in dem einzelnen Individuum waltende Verschlingung einer langen Reihe physikalischer und chemischer Vorgänge, welche wir als Lebensproceß bezeichnen, die uns hier bisher in der Fortführung unsrer Schlüsse furchtsam gemacht und zu der Annahme besonderer Schöpfungsakte, unmittelbarer Eingriffe des Schöpfers hingedrängt hat; es ist die Unmöglichkeit der Herstellung und Beherrschung jener das Entstehen der ersten organischen Lebensformen bedingenden Verhältnisse, welche uns, jedes experimentellen Beweises bis dahin baar, zu absonderlichen Vorstellungen hingetrieben hat; es ist die Lückenhaftigkeit unserer palaeontologischen Kenntnisse selbst, die uns neue und wieder neue Zweifel zuführte und unsern Vermuthungen allerdings nur zu oft die thatsächliche Unterstützung versagt. A priori läßt sich nichts Erhebliches gegen unsre Ansicht einwenden; was für die unorganische Welt erst in heutigen Tagen durch fortschreitende Entwicklung der Chemie und Physik zur Gewißheit erhoben ist, weist auch vielleicht für die organischen Verbindungen und einfachsten Lebensformen die Zukunft bei fortschreitender Erkenntniß der Lebensbedingungen in überraschender Weise nach. Gehen wir jedoch unsre Fragen der Reihe nach durch und prüfen wir mit Bezugnahme auf die Lebenserscheinungen der

Gegenwart, zu welchen Vermuthungen sie uns Anlaß geben, wie weit ferner unsre Vermuthungen überhaupt gerechtfertigt sind.

Wie, so lautete die erste Frage, entstanden die ersten organischen ternären und quaternären Verbindungen?

Es wurde schon früher erwähnt, daß Pflanze und Thier ihrer Hauptmasse nach aus solchen ternären und quaternären Verbindungen bestehen; nur ein geringer Theil ihrer Substanz wird von unorganischen Verbindungen gebildet. Mit der einfachen Zelle, aus welcher sich Pflanze und Thier entwickeln, ist es aber nicht anders; auch sie besteht nur aus jenen ternären und quaternären Verbindungen und einigen Salzen. Ihre äußerste Hülle ist bei der Pflanze eine stickstofffreie Verbindung, eine größtentheils stickstoffhaltige füllt ihr Inneres aus; bei der thierischen Zelle besteht die äußere Hülle aus einer stickstoffhaltigen Substanz und die innere Masse ist, wie es scheint, aus stickstoffhaltigen und stickstofffreien Verbindungen, in verschiedener Proportion gemischt, zusammengesetzt. Selbstverständlich mußten also wohl diese Verbindungen vorhanden sein, ehe sich die ersten Zellen bilden konnten, so nahe auch die Entstehung des Materiales und der Gestaltungsproceß in demselben, ähnlich wie bei der Bildung eines Crystalls aus einer Mutterflüssigkeit, zeitlich neben einander liegen mochten. Wie denn entstanden jene Verbindungen?

Man begegnet gemeiniglich folgendem Schluß: die ternären und quaternären organischen Verbindungen entstehen heutigen Tages nur im pflanzlichen oder thierischen Organismus, d. h. also nur unter Vermittlung eines solchen; weil diese Organismen nun aber eben zur Zeit der ersten Entstehung jener Verbindungen noch nicht vorhanden waren, so konnten sie selbstverständlich auch nicht durch Vermittlung derselben entstehen und es bleibt nichts übrig, als die Annahme, daß sie damals durch einen unmittelbaren Eingriff des Schöpfers, durch ein besonders schöpferisches „Werde" hervorgerufen wurden. Allein dieser Schluß enthält in seinem Vordersatz einmal eine Unrichtigkeit, und andrerseits ist man sich wohl nicht klar darüber geworden, was es denn heißt, die organischen Verbindungen entstehen unter Vermittlung eines pflanzlichen oder thierischen Organismus.

Die Unrichtigkeit anlangend, so erinnern wir an die schon im ersten Vortrage erwähnte folgenschwere Entdeckung Wöhlers vom Jahre 1829, den Harnstoff, eine stickstoffhaltige, natürlich nur im Thierkörper vorkommende Verbindung ($= C_2 H_4 N_4 O_2$), aus einer unorganischen Verbindung, dem cyansauren Ammoniumoxyd ($\dot{N} H_4 + \dot{C}_2 N$) künstlich, d. h. nur durch Erwärmen derselben darzustellen. Mehre ähnliche Entdeckungen sind dieser ersten schon gefolgt, und es ist deshalb entschieden unrichtig zu behaupten, daß die fraglichen organischen Verbindungen nur durch Vermittlung eines pflanzlichen oder thierischen Organismus entstehen. Sie entstehen in dem angeführten Beispiel vielmehr thatsächlich nur in Folge des Zusammentreffens gewisser chemischer und physikalischer Verhältnisse außerhalb eines jeden Organismus.

Aber zugegeben auch, sie entständen nur durch Vermittlung eines thierischen oder pflanzlichen Organismus oder in einem solchen, was, so frage ich, hat man damit für die Erklärung ihrer Entstehung selbst gewonnen? Thut das Thier als solches, oder thut die Pflanze als solche irgend etwas dazu, daß diese Verbindungen aus den Elementen der Kohlensäure und des Wassers, oder aus den Elementen der Kohlensäure, des Wassers und des Ammoniaks hervorgingen, — denn wir werden später noch hören, daß aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, lauter unorganischen Verbindungen, auch noch heute die stickstoffhaltigen und stickstofffreien Substanzen sich bilden —? Waltet in der Pflanze oder in dem Thier ein besonderer Bildungstrieb, eine besondere Lebenskraft, ein besonderer stoffverbindender Geist, der heutigen Tages die Stelle des supponirten, einstigen, unmittelbaren schöpferischen Eingriffs vertritt?

Es sind noch nicht 20 Jahre verflossen, seit man fast allgemein in den pflanzlichen und thierischen Organismen solche besondere „Bildungskräfte" statuirte. Aber die Schlag auf Schlag folgenden Entdeckungen geistreicher Chemiker und Physiker nahmen diesen supponirten Kräften eine Stütze nach der andern; man hat sie aufgegeben; und was man für ein Erzeugniß dieser damals Alles erklären sollenden Phantasiegebilde ansah, gilt heutigen Tages nur als das Product physikalischer und chemischer, in wunderbarer Verkettung ineinandergreifender Vorgänge. Ueberaus wichtig und gründlich zerstörend war für die Lehre von jenen

Lebens- und Bildungskräften insonderheit die so eben erwähnte Entdeckung Wöhler's; seit jener Zeit schreibt es sich her, daß man die organischen Verbindungen mehr und mehr als ähnlich den unorganischen, nur aus zusammengesetzten statt aus einfachen Radicalen hervorgehend, gebildet betrachtet, und wenn wir uns dessen erinnern, was im ersten Vortrage von Hoffmann's Entdeckung in Betreff der dem Ammoniak ähnlichen Constitution der Pflanzen-Alkaloide bemerkt wurde, so darf ich es hier als Hoffmann's eigene Ansicht wiederholen, daß nicht viele Jahre mehr vergehen dürften, bis wir das bis dahin nur im Pflanzenreich gebildete Chinin künstlich darzustellen vermögen.

Ist also heutigen Tages die Entstehung der organischen Verbindungen — und wir dürfen daran nicht zweifeln — nur Folge des Zusammentreffens einer bestimmten Reihe physikalischer und chemischer Agentien in einem pflanzlichen oder thierischen Organismus, ist sie nur Folge des Zusammentreffens bestimmter chemischer Stoffe und sog. chemischer Kräfte, eines bestimmten Grades von Wärme, von Licht und von dasselbe begleitenden electrischen Strömungen u. s. w., konnte es dann nicht einen Moment in der Schöpfungsgeschichte geben, wo all diese Verhältnisse auch außerhalb jedweden Organismus in einer ähnlichen Weise zusammentrafen? Wir vermögen auch heutigen Tages noch keineswegs die jedesmalige bestimmte Combination von Stoffen und Kräften zu übersehen, welche hier das Pflanzeneiweiß, dort das Gummi oder Zucker oder die Pflanzensäure entstehen läßt; wir befinden uns in dieser Beziehung heutigen Tages in demselben Dunkel, wie am ersten Schöpfungstage. Aber dennoch weisen wir mit Bestimmtheit den Eingriff außergewöhnlicher Kräfte bei ihrer Entstehung zurück und klagen richtig lieber unsere mangelhafte Einsicht an, als daß wir uns zur Annahme jener dunklen Mächte verstehen könnten. Und wir sollten nicht dasselbe für die Entstehung der ersten organischen Verbindungen am ersten Schöpfungstage thun? Wir sollten nicht zugeben, daß die damaligen äußern Bedingungen momentan in einer solchen Weise zusammentrafen, daß ein ähnliches Resultat erfolgen mußte, wie es heutigen Tages täglich und stündlich in der Pflanze oder im Thiere erfolgt? Entweder wir müssen für jede sich bildende organische Verbindung noch heutigen Tages einen directen Eingriff des Schöpfers statuiren, oder

wir müssen einen solchen auch in Betreff der ersten und ursprünglichen Verbindungen dieser Art aufgeben.

In dem ganzen Reiche der Natur findet der Satz seine Bestätigung, daß, je einfacher ein Körper zusammengesetzt ist, desto geringere Abhängigkeit von äußern Bedingungen und Verhältnissen ihm zukommt. Wohlan denn! Die unorganischen Verbindungen stellen sich auch jetzt noch überall unter gegen damals sehr veränderten Bedingungen aus den einfachen Elementen nach unwandelbaren Gesetzen her; die organischen aber thun es nicht mehr, weil die äußern Bedingungen jetzt andre sind und weil sie von diesen abhängiger sind, als jene. Nur im Pflanzen- oder Thierorganismus oder nur mit künstlicher Beihülfe treffen die Bedingungen auch heutigen Tages noch so zusammen, daß jene Verbindungen aus elementaren unorganischen Stoffen hervorgehen. — Die unorganischen Verbindungen, die Salze, die so wesentlich sind für die Entwicklung der Pflanze, die beim Verbrennen derselben ihre Asche bilden, waren damals bereits vorhanden; Wasser, Kohlensäure und Stickstoff, als die elementaren Bestandtheile der ternären und quaternären Verbindungen waren es ebenfalls; an Wärme fehlte es sicher nicht. Wenn wir aber mit Bestimmtheit wissen, daß der Einfluß des Lichtes, sei es direct oder indirect, durch Erregung electrischer Strömungen *) noch heutigen Tages für die Herstellung der ternären und quaternären Verbindungen von der größten Bedeutung ist, mußte dann nicht der erste Lichtstrahl, der in jener Zeit die bis dahin wassergeschwängerte, dichte Atmosphäre durchbrach, mächtige Ereignisse im Gebiete der unorganischen Welt zur Folge haben? Gleich einem electrischen Schlage mußte er auf die Stoffe wirken; ja man darf versucht sein, diesen ersten belebenden Lichtstrahl als die eigentliche causa movens für die Entstehung der ersten organischen Verbindungen eben so zu betrachten, wie er noch heutigen Tages die Hauptursache der Entstehung dieser Verbindungen ist. „Das Licht und die von diesem unzertrennliche Wärme,“ sagt Alexander v. Humboldt, „sind für die nicht selbstleuchtenden Weltkörper eine Hauptursache aller Bewegung und alles organischen Lebens. Selbst fern von der Oberfläche im Innern der Erd-

*) S. Kosmos III. pag. 44.

rinde, ruft die eindringende Wärme electro-magnetische Strömungen hervor, welche auf Stoffverbindungen und Stoffzersetzungen, auf alle gestaltende Thätigkeit im Mineralreich, auf die Störung des Gleichgewichtes in der Atmosphäre, wie auf die Functionen vegetabilischer und animalischer Organismen ihren anregenden Einfluß ausüben." Mehr und mehr erkennt man in neuerer Zeit die enorme Bedeutung electrischer Strömungen, die jeden Lichtstrahl zu begleiten scheinen, für die Lebensprocesse im Thier- und Pflanzenreich; die ganze Thätigkeit unseres Nervensystems scheint sich nach du Bois-Reymond's Untersuchungen in der That als eine electrische Kraft auffassen zu lassen; der Eingriff dieser Thätigkeit in die Metamorphose des Stoffs im thierischen Organismus ist ebenfalls erwiesen. Sollen wir danach noch an der eminenten Bedeutung zweifeln, welche der erste die Erde treffende Lichtstrahl auf die Herstellung neuer Stoffverbindungen haben mußte? Kamen mit ihm nicht plötzlich ganz neue Kräfte zum Angriff?

In der That, die heutige Entstehung einer stickstoffhaltigen oder stickstofffreien (quaternären oder ternären) Verbindung ist um nichts weniger räthselhaft, als die Entstehung jener ersten Verbindungen dieser Art. Sie werden damals eben so entstanden sein, wie heute, aus Kohlensäure, Wasser und Stickstoff, nur mit dem Unterschiede, daß, was heute nur durch künstliche Combination von Kräften oder nur durch Vermittlung des pflanzlichen und thierischen Organismus entstehen kann, damals ohne einen solchen entstand. Nur eine oder wenige stickstoffhaltige Verbindungen und nur eine oder wenige stickstofffreie brauchten sich ja zu bilden, wenn das Material zur Pflanzen- und Thierzelle vorhanden sein sollte; ich bin fern davon anzunehmen, daß sich auch all jene Stoffe, die wir durch allmählige Metamorphosen einer einzelnen Verbindung in der Pflanze oder dem Thier entstehen sehen, außerhalb eines Organismus erzeugt haben; für jene wenigen finden wir aber am ersten Schöpfungstage eben so wenig oder eben so viel Schwierigkeiten, wie heutigen Tages für die Erklärung der Oxalsäure- und Pflanzeneiweiß-Entstehung in der jungen Pflanze selbst. Es will scheinen, als ob dem sich aus den noch ungeformten Stoffen weiterhin entwickelnden Organismus die Absicht zu Grunde gelegen habe und noch heutigen Tages zu Grunde liegt, eine jedesmal bestimmte stoffbildende Combi-

nation verschiedener chemischer und physikalischer Kräfte herzustellen, um damit den Typus der Art oder Gattung zu conserviren, eine Combination, die damals, und zwar nur momentan, auch außerhalb des Organismus existirte, jetzt aber, so weit unsre Kenntnisse reichen, für die meisten Stoffe nur im Organismus selbst gegeben ist.

Doch gesetzt, wir wollten abstrahiren von einer solchen naturgemäßen Erklärungsweise der ersten Entstehung organischer Verbindungen, wohin werden wir gedrängt? Nur zu der Annahme, daß diese Stoffe, oder die Pflanzen- und Thierzellen, oder selbst Bäume und Thiere von Ungefähr in die Welt hineingekommen, oder daß die Zellen und Lebenskeime, wie Schöller in seiner jüngst erschienenen phantastisch-prophetischen Embryogeologie*) sagt, aus der Tiefe des Erdinnern auf die Oberfläche der Erdkugel gelangt seien. Solche Annahme widerstreitet allen naturwissenschaftlichen Anschauungen zu sehr, als daß ich dabei nur einen Augenblick verharren könnte, und indem ich einen solchen willkürlichen Schöpfungsact anzunehmen mich nicht verstehen kann, glaube ich der Größe des Schöpfers nicht nur nichts zu entnehmen, ich erkenne vielmehr in der unendlichen Weisheit und wunderbaren Voraussicht, mit welcher Alles der Art angelegt und geordnet war, daß endlich die heutige Welt entstehen mußte, diejenige Größe des Schöpfers, der wir unsere Anbetung und Ehrfurcht zollen. —

Wir gelangen zur zweiten Frage: Wie, so lautet sie, entstanden aus den organischen (ternären und quaternären) und unorganischen Verbindungen die ersten lebensfähigen oder mit Leben begabten pflanzlichen und thierischen Zellen? Wie die ersten Pflanzen und Thiere selbst?

Zur Beantwortung dieser Frage müssen wir etwas weiter ausholen. Es sind noch nicht gar viele Jahre verflossen, seit man glaubte, es könne Fische und Frösche regnen, und in der That findet man noch heutigen Tages z. B. in Otahaiti in der Regenzeit in Felsenklüften, die das ganze Jahr hindurch trocken sind, Tümpel, die sich mit Süßwasserfischen beleben; in der Schweiz finden sich ähnliche Verhältnisse u. a. O. Man nahm damals an, und Mancher glaubt jetzt noch daran, daß diese

---

*) Dr. Theodor Schöller: Embryologische Geologie. 1. Lieferung. 1854.

Thiere da, wo sie in so räthselhafter Weise erscheinen, neu und ursprünglich, d. h. ohne jede Zuthat eines elterlichen Organismus entstanden seien. Man sagte, sie seien durch eine Urzeugung, eine generatio aequivoca, entstanden. Nachdem man aber entdeckt, daß Wind und Wasser die Eier dieser Thiere, nicht anders als die Saamen der Pflanzen, meilenweit fortzuführen vermögen, hat man jene Vermuthung aufgegeben. Wo Fische und Frösche und andre Thiere in dieser Weise vorkommen, steht man nicht mehr an, ihre Entstehung aus verschleppten Eiern herzuleiten; und überall, wo diese die Bedingungen zu ihrer Entwicklung vorfinden, werden sie sich eben auch nach dem Typus der Eltern entwickeln. So erlitt die Lehre von der Generatio aequivoca ihre erste Einschränkung. Allein alsbald sollte sie scheinbar eine neue Stütze erfahren. Man entdeckte mit Hülfe des Microscops die sog. Infusionsthierchen; man sah, daß sich diese Thierchen zu Tausenden in einzelnen Tropfen Wassers fanden, daß sie sich zu Millionen in Flüssigkeiten bildeten, die eiweißartige oder andre organische Verbindungen enthielten und die man bei einer geeigneten Temperatur, wenn auch noch so fest verschlossen, stehen ließ. Diese Thierchen, so dachte man, müssen doch durch eine generatio aequivoca entstehen. Allein es stellte sich alsbald heraus, daß man das Phaenomen durchaus nicht beherrschen könne; die gleichartigsten Infusionen, ganz gleichartig behandelt, lieferten die verschiedensten Thierchen und die verschiedensten Infusionen, verschieden behandelt, ebenso oft dieselben Organismen. Das schon ließ gerechte Zweifel an der Richtigkeit der obigen Annahme aufkommen. Da trat Ehrenberg mit seinen weltbekannten Untersuchungen über die Infusionsthiere auf und fortan war fast jeder Glaube an die generatio aequivoca derselben beseitigt. Ehrenberg wies nach, daß viele dieser Thierchen sich durch im Innern derselben gebildete Keime fortpflanzen; andere dagegen sich durch Theilung in unglaublicher Menge rasch vermehren. Er beobachtete u. A. ein Räderthier, Hydatina senta; dasselbe vermehrt sich durch Theilung in einem Tage 4 Mal, jede der neu entstandenen Hydatinen vermehrt sich am nächsten Tage wieder 4 Mal; es existiren jetzt 16, am dritten Tage hat man 64, und in 10 Tagen eine Million! Manche Infusorien vermehren sich noch rascher. Eine Bacillarie oder Vorticelle theilt sich in einer Stunde in

zwei, nach einer andern Stunde theilt sie sich noch einmal, nach drei Stunden hat man 4, nach fünf Stunden 8, nach sieben Stunden 16, nach vierundzwanzig Stunden 4096, in achtundvierzig Stunden 8 Millionen und in vier Tagen 140 Billionen! Daraus wird es begreiflich, daß, wie Ehrenberg uns lehrt, die Kalk- und Kieselerde der Lüneburger Haide, die oft Lager von 28 Fuß Mächtigkeit hat, fast ganz aus den Panzern solcher Infusorien besteht, daß der Biliner Polirschiefer fast ganz aus den Panzern von Gallionellen, deren 41000 Millionen erst einen Cubikzoll Stein bilden, zusammengesetzt ist; aber solchen Beobachtungen gegenüber wird man auch schwerlich noch die generatio aequivoca der Infusorien vertheidigen können. Die Luft, das Wasser, alle möglichen andern Stoffe enthalten immer, wie durch sichere Beobachtung erwiesen, solche Infusionsthiere oder deren Eier; keine Infusion, die man bereitet, wird frei davon bleiben können; und kam auch nur ein einziges Thier oder ein Keim in dieselbe hinein, findet es den geeigneten Boden für seine Entwicklung, so wird es sich mit der angedeuteten Schnelligkeit vermehren. Aber es blieb noch ein andrer Punkt der generatio aequivoca günstig. In den Körpern, im Auge, Blut, Darmkanal u. s. w. von Thieren finden sich oft kleinere Thiere eingeschlossen; eine bekannte Kinderkrankheit beruht auf dem Vorhandensein dieser Entozoën; die gefürchtete Drehkrankheit der Schaafe ist bedingt durch das Vorhandensein eines solchen Thieres im Gehirn derselben. Mußten sie nicht spontan im Körper, der sie einschließt, entstanden sein? Man hat lange diese Ansicht festgehalten. Aber Dank den Studien Eschricht's, Küchenmeister's, Leuckart's u. A. ist endlich auch diese Stütze jener fortdauernden Urzeugungs-Lehre gesunken. Die merkwürdigen Metamorphosen und Lebensverhältnisse dieser Thiere haben eine lichtvolle Erklärung der Thatsachen herbeigeführt, und es ist nachgewiesen, daß immer Eier oder Keime dieser Thiere selbst in den Organismus hineingelangen, sich hier, wenn sie den ihnen zusagenden Boden finden, fortentwickeln und nun durch die Organe hindurch vermöge ihrer eignen Organe eine Wanderung antreten, um sich in irgend einem Organe festzusetzen. Das muß hier genügen; der Raum erlaubt mir nicht, diesen für den Naturforscher so überaus interessanten Gegenstand hier weiter zu verfolgen. Sei es genug zu wissen, daß mit diesen

Entdeckungen die letzten Stützen einer generatio aequivoca gefallen sind. Und wenn auch für einige Arten niederster Thiere, wie z. B. die Rhizopoden, die Art der Fortpflanzung noch nicht bestimmt ermittelt ist, eine Urzeugung, eine ursprüngliche Entstehung von thierischen Organismen aus unorganisirtem, todtem Stoff scheint heutigen Tages nicht mehr vorzukommen. — Alle jetzt lebenden Thiere stammen von einem Elternpaare oder entwickeln sich durch Theilung oder Sprossenbildung, und als der Anfang eines jeden einzelnen ist die einfache aus Kern, Inhalt und Hülle bestehende, microscopische Zelle zu betrachten.

In der Pflanzenwelt ist es im Wesentlichen nicht anders. Alle Pflanzen pflanzen sich entweder durch Theilung oder durch Sprossenbildung, oder durch endogene Zellenbildung oder durch Saamen fort. Nur eine Erscheinung scheint in der That auf einer Urzeugung aus dem todten Stoff zu beruhen; es ist die Bildung der Gährungspilze, der sog. Hefe. Diese Zellenreihen bilden sich immer, wenn man eine stickstoffhaltige Flüssigkeit, die zugleich Zucker oder einen ähnlichen stickstofffreien Stoff und gewisse mineralische Bestandtheile enthält, bei einer gewissen Temperatur hinstellt und sich selbst überläßt. —

Der heutige Stand der Naturwissenschaft lehrt uns also Folgendes: Alle Thiere und Pflanzen entstehen aus einzelnen Zellen; die Entstehung dieser Zellen ist aber, mit Ausnahme der Gährungspilze, an die Gegenwart eines mütterlichen Organismus gebunden.

Nun aber frage ich auch hier wieder: Was hat man denn für die Erklärung der die Fortpflanzung bedingenden Zellenbildung heutigen Tages gewonnen, wenn man sagt, sie ist von der Gegenwart eines mütterlichen Organismus abhängig? Betrachten wir das Phaenomen der Zellenbildung genauer, so finden wir, daß sich entweder in einer freien Mischung stickstoffhaltiger, stickstofffreier und anorganischer Verbindungen oder in einer solchen, in einer Zelle eingeschlossenen Mischung anfänglich kleine Kerne bilden und sich um diese herum dann stickstoffhaltige und stickstofffreie Molecule, wie um einen Centralpunkt, ablagern, um endlich durch Attraction bis zu einem gewissen Grade verdichtet, eine sich nach und nach von dem Kern abhebende und sich ausdehnende Zellhaut oder Zellenmembran zu bilden. Molecularattraction, Kernbildung und Verdichtung der Molecule um den Kern herum sind das

Wesentliche der Zellenbildung. — Warum denn aber entsteht der Zellenkern und weiterhin die Zelle in der bildenden Flüssigkeit, welches ist die causa movens der Zellenbildung? Auch für diese Bildung hat man Jahre lang bestimmte Lebens- oder Bildungskräfte statuirt; ja noch heute sind Viele von der Annahme dieser dienenden Weltgeister nicht frei. Aber die Wissenschaft hat über sie entschieden. Der von Anfang an vorhandene Stoff ist unzertrennlich von seinen ihm von Urbeginn innewohnenden physikalischen und chemischen Kräften. Diese, nicht aber jene sind es, die die Bildung des Crystalls, wie die Bildung der Zelle aus ungeformtem todten Stoff bedingen. Und ob wir auch in tausend Fällen noch nicht die Combination der bei der einzelnen Formbildung in Frage kommenden Kräfte kennen, klagen wir wieder unsre mangelhafte Einsicht, unsre Kurzsichtigkeit an, aber greifen wir nicht zu Erklärungsprincipien, die in der Phantasie ihren Ursprung haben. —

Geistreich stellte Theodor Schwann, der Schöpfer der Lehre von der Zellennatur der Pflanzen und Thiere, den Satz auf, daß die Zelle der Crystall organischer Flüssigkeiten sei; daß sich die Zelle zu organischen Mutterflüssigkeiten eben so verhalte, wie der Crystall zu den unorganischen. An dieser Paralelle ist Vieles auszusetzen; die Zelle hat keine Flächen und Winkel, organische Verbindungen, wie z. B. einige Blutbestandtheile crystallisiren, ohne doch damit eine Zelle zu bilden u. s. w. Im Grunde ist der Gedanke aber dennoch treffend, und wenn uns u. A. einer der tüchtigsten Forscher auf diesem Gebiete, Prof. Kölliker in Würzburg sagt: „der Grund der Zellenbildung ist in besondern, noch „unbekannten, bei der Bildung der Organismen wirksamen Combina„tionen der Naturkräfte zu suchen, und behufs seiner Erforschung hat „man das ganze Augenmerk auf die sog. Molecularkräfte der organischen „Formen, vor allem auch auf die an den Zellen gewiß ebenso, wie an „deren Derivatis, den Nervenröhren und Muskelfasern, vorkommenden „electrischen Erscheinungen zu richten," so verweist er doch die Lehre von der Zellenbildung eben dahin, wohin die Lehre von der Crystallbildung gehört, d. h. in das Gebiet der Chemie und Physik.

Haben wir diesem nach mit dem Rückgriff auf einen mütterlichen Organismus im Wesentlichen etwas für die Erklärung der Zellenbildung geleistet? Meiner Ansicht nach nicht. Die Zellbildung selbst ist

auch in dem mütterlichen Organismus immer die Wirkung chemisch-physikalischer Kräfte, und wie wir oben dem Organismus nur die Bedeutung eines Apparates zuschrieben, der jedesmal eine bestimmte Combination der Naturkräfte bedinge, um diese oder jene quaternären und ternären Verbindungen zu erzeugen, so schreibe ich auch hier dem Organismus als solchem die gleiche Bedeutung zu. Den pflanzlichen, wie thierischen Organismus können wir als einen Apparat betrachten, durch den je nachdem die verschiedensten Combinationen der Naturkräfte ermöglicht werden; die Zellenbildung ist eins der endlichen Resultate dieser combinirt wirkenden Kräfte, und die Zellen der verschiedenen Pflanzen- und Thierspecies werden danach in ihrem innern Wesen ebenso verschieden ausfallen, als die Combinationen der Kräfte selbst waren. Das ist dann der Weg, auf dem die Erhaltung der Gattungen und Arten ermöglicht wird.

Wenn wir nun aber bei der Zellenbildung, und wir dürfen es mit vollem Recht, noch heutigen Tages von allen außergewöhnlichen Kräften abstrahiren, wenn wir in dem einzelnen Organismus nur alle Bedingungen der Art vereinigt finden, daß die Zelle mit Nothwendigkeit daraus hervorgehen muß, liegt es dann so fern zu vermuthen, daß es einen Tag oder eine Zeit in der Schöpfungsgeschichte gab, wo all diese Bedingungen auch außerhalb eines Organismus zusammentrafen, ebenso wie sie noch heute bei der Entstehung der Gährungspilze außerhalb jedes Organismus gegeben sind? Ich kann mich der Ansicht nicht erwehren, daß die ersten Zellen ebenso entstanden sind, wie die noch täglich heutigen Tages sich bildenden, nur wieder mit dem Unterschiede, daß damals die dazu erforderlichen Bedingungen außerhalb irgend welchen Organismus lagen, während sie heutigen Tages fast durchgehends nur in diesem in der nothwendigen Combination zusammentreffen. E i n e generatio aequivoca, e i n e ursprüngliche Entstehung von Zellen aus bildungsfähigem Stoff m u ß stattgefunden haben; aber der Vorgang derselben ist eben so leicht, oder vielmehr eben so schwierig zu erklären, wie die Bildung der Zellen in einem mütterlichen Organismus heutigen Tages. Beide Vorgänge, die erste generatio aequivoca und die heutigen Tages zu beobachtende Zellenbildung in mütterlichen pflanzlichen oder thierischen Organismus sind an sich dieselben; sie sind die

Resultanten bestimmter Combinationen von Anbeginn an waltender Naturkräfte. Wurde aber schon oben der bei der Zellenbildung ohne Frage in's Spiel kommenden electrischen Kräfte erwähnt, so wollen wir uns auch hier wieder jenes ersten Leben spendenden Lichtstrahls und der denselben begleitenden elektrischen Strömungen erinnern. Sie waren für die ersten Gestaltungsprocesse der Materie gewiß von größter Bedeutung und dürfen nicht nur als Bedingung der Zellenentstehung überhaupt, sondern vielleicht auch als Ursache der verschiedenen Entwickelungsfähigkeit der ersten Lebensformen in Anschlag gebracht werden.

Gesetzt aber auch hier wieder, die ersten Zellen hätten sich nicht in dieser naturgemäßen Weise entwickelt, wohin werden wir wieder gedrängt? Nur zu der Annahme, daß die ersten Zellen der Pflanzen und Thiere von Ungefähr und fertig auf die Erde herniedergeregnet seien. Sollte noch Jemand, nach Allem, was wir über die Erdbildung gehört haben, eine solche naturwidrige Annahme vertheidigen wollen? Mir ist auch hier wieder die Möglichkeit der Reduction eines wunderbaren und unserer Vorstellungskraft fast unzugänglichen Naturvorganges auf die von Anbeginn an waltenden physikalischen und chemischen Naturkräfte ein Antrieb zur Bewunderung der erhabenen Weisheit des Schöpfers, nicht aber sehe ich darin die geringste Verkleinerung seiner Allmacht.

Doch wir sind uns noch Rede und Antwort auf eine andre Frage schuldig. Ich nehme an, man concedirt die Zellenbildung als Effekt chemisch-physikalischer Kräfte. Wie, so wird man fragen, kam denn jene Bewegung in sie hinein, die wir mit dem Ausdruck des Lebens bezeichnen? Wie kam es, daß sich die Zellen einmal zur Pflanze, andrerseits zum Thiere entwickelten?

Auch hier noch läßt sich an dem bisherigen Standpunkte festhalten. Wir nahmen an, daß zunächst, in Folge einer bestimmten Combination der Naturkräfte, aus Wasser, Kohlensäure und Stickstoff ternäre und quaternäre Verbindungen hervorgegangen seien und daß diese, in Verbindung mit unorganischen Bestandtheilen des Erdbodens, wahrscheinlich mit Beihülfe einer electrischen Erregung, einen ersten Gestaltungsproceß erfuhren, d. h. Zellen bildeten. Auf beiden Seiten konnten aber selbstverständlich die Integralen des Bildungsvorganges verschieden sein. Die

Materie konnte einmal eine verschiedene Zusammensetzung haben, die electrische Erregung, um diesen Ausdruck beizubehalten, konnte andrerseits, entsprechend der sich erst nach und nach lichtenden, den Erdball umgebenden Dunsthülle, eine verschiedene Intensität besitzen. Darnach mußten auch nothwendiger Weise Zellen mit verschiedenartiger Entwicklungsfähigkeit entstehen. War damit aber nicht auch, ganz wie heutigen Tages, Alles gegeben, was zur Entwicklung der Pflanzen einer-, des Thieres andrerseits erforderlich war?

Zwischen den niedrigsten Thieren und Pflanzen existirt, so weit die Untersuchungen heutigen Tages reichen, keine scharfe Gränze; weder in der Substanz, noch in der Form noch in der Function lassen sich durchgreifende Unterschiede entdecken; ja es giebt Lebensformen, welche man bald zu den Thieren, bald zu den Pflanzen zählt. Es handelt sich hier meistens um sehr einfache, nur aus einzelnen Zellen bestehende Organismen, an denen verschiedene Bewegungserscheinungen zur Beobachtung kommen; und mag auch späterhin eine genauere Erkenntniß der Ernährungsvorgänge und des Stoffwechsels derselben charakteristische Unterschiede auffinden lassen — (die Pflanzen ernähren sich von unorganischen Verbindungen, die Thiere können ohne organische nicht leben; die Pflanzen exhaliren Kohlensäure und Sauerstoff die Thiere nur Kohlensäure) — so braucht von ihnen hier doch nicht die Rede zu sein. Wenn C. Schmidt*) sagt: der einzige rationelle Unterschied, den wir zwischen Pflanze und Thier machen können, sei der, daß wir dort ein Massendifferential und eine Formel (Zelle), beim Thiere dagegen deren zwei (Zelle plus Seelenatom) haben, so liegt darin, wie schon Virchow bemerkt hat, eine Inconsequenz. Schreibt man den niedersten Thieren eine Seele zu, so ist man inconsequent, wenn man eine solche nicht auch für die Pflanzen statuirt, und in der That läßt sich an einer, nur aus einem schleimig-eiweißartigen Kügelchen bestehenden und verschiedene Formen annehmenden Amoeba eben so viel oder eben so wenig Seelisches wahrnehmen, als an einer Mimosa pudica oder andern, auffallende Bewegungserscheinungen darbietenden

---

*) Zur vergleichenden Physiologie der wirbellosen Thiere. Braunschweig 1845. pag. 78.

Pflanzen. Die hier zur Beobachtung kommenden Lebenserscheinungen lassen sich ohne Zweifel sämmtlich auf eine Reihe physikalisch-chemischer Vorgänge an einem sehr wenig differenziirten Material zurückführen. Sobald wir aber einen Schritt weiter gehen in der Thierreihe, treten uns charakteristische Unterscheidungsmerkmale zwischen Pflanze und Thier entgegen und unter diesen steht allen übrigen die willkürliche Bewegung, die oft genug freilich wohl nur als einfache Reflexerscheinung aufzufassen ist, voran. Diese willkürliche Bewegung ist abhängig von dem Vorhandensein einer Nervensubstanz, hie und da vielleicht nur eines Nervenatoms; sie ist bei den niedern Thieren der erste Schimmer einer geistigen Action, die sich in den höhern Thieren dann, entsprechend der Nervensubstanz, immer höher und höher entwickelt. Was nun aber befähigt die ursprünglichen oder Urzellen zur Entwicklung einer solchen Nervensubstanz mit geistiger Action? War und ist sie Folge eines besondern schöpferischen Willenaktes, eines besondern schöpferischen Werde? Wurde und wird die geistige Action dem mit der Nervensubstanz versehenen Thiere, um es hart auszudrücken, besonders eingeblasen? Wir können in Bezug auf sie nur an das erinnern, was Huschke in seinem trefflichen, jüngst erschienenen Werke „Schädel, Gehirn und Seele“ sagt: „daß sich die geistige Action zur Nervensubstanz ähnlich verhält, wie die Farbe zu den Lichtwellen;“ wie diese in ihrer verschiedenen Zahl von Schwingungen verschiedene Farben hervorzubringen bestimmt waren, so waren die Schwingungen oder Bewegungen der Nervenfasern zur Vermittlung geistiger Thätigkeit bestimmt. Was aber die höhere oder geringere Entwicklung der Nervensubstanz selbst, so wie ihre Entwicklung überhaupt anbetrifft, so läßt sie sich sicher, gegenüber den sich zu Pflanzen oder niedrigsten Thierformen entwickelnden Zellen, ungezwungen auf eine Verschiedenheit des Bildungs-Materials oder auch auf eine verschiedene Intensität der die Bildung der Zelle bedingenden oder begleitenden electrischen Erregung der Materie zurückführen. Es handelt sich hier nur um eine höhere Differenziirung eines im Wesentlichen ähnlichen oder gleichen, d. h. stickstoffhaltige, stickstofffreie und unorganische Verbindungen enthaltenden Materiales, und die Erfahrungen der Gegenwart sind dieser Anschauung günstig. Die Verschiedenartigkeit der Keimzellen (Eier) der verschiedenen Thiere in Bezug auf die sie

bildende Materie, ist ein sicheres Ergebniß der physiologisch-chemischen Forschung; der hochbedeutsame Einfluß ungleicher (electrischer?) Erregung der Keimzellen läßt sich mit großer Wahrscheinlichkeit aus Beobachtungen der Abkömmlinge verschieden constituirter oder auch derselben Elternpaare erschließen. Wenn uns unter den gegenwärtigen, stets gleichbleibenden allgemeinen kosmischen Verhältnissen Verschiedenheiten in der Entwicklung des Gehirns des Menschen entgegentreten, groß genug, um dort dem Idiotismus, hier der größten Intelligenz die Grundlage zu geben, so darf uns sicher die verschiedenartige Entwicklung der ursprünglichen und ersten Keimzellen bei sich stetig und in großartigster Weise verändernden allgemeinen, kosmischen Verhältnissen nicht Wunder nehmen. Aus einzelnen Zellen gehen heutigen Tages alle Organismen hervor; die ersten und ursprünglichen sind aller Wahrscheinlichkeit ebenfalls aus einzelnen Zellen hervorgegangen. Eine verschiedene Erregung der materiell verschiedenen Zellen war, so vermuthen wir, die Ursache ihrer verschiedenen Entwicklungsfähigkeit und Entwicklung selbst. Die mannigfachen Uebergangsformen zwischen Pflanzen und Thieren dürfen vielleicht nicht mit Unrecht als ein Beweis betrachtet werden, daß es sich hier nicht um bestimmte abgeschnittene schöpferische Akte, sondern um die allmählige Entfaltung eines mit unendlicher Weisheit und Voraussicht angelegten Planes handelt. Tausende von Lebensformen entstanden, wie die Palaeontologie uns lehrt, nur um wieder zu vergehen; den tausendfältig sich ändernden Lebensbedingungen der Vorwelt entsprechen die Lebensformen derselben eben so, wie die sich gleichbleibenden der Gegenwart den sich wahrnehmbar nicht verändernden Lebensbedingungen unserer Zeit.

Was nun aber das Leben selbst, d. h. jene Bewegungserscheinungen der Organismen, die wir mit diesem Ausdruck bezeichnen, betrifft, so war dasselbe mit der ersten Zellenbildung auch sofort gegeben; bei der Pflanzenzelle einfach durch die Beziehung derselben zu der sie umgebenden Welt, deren Stoffen und Kräften; bei der Thierzelle durch dasselbe Verhältniß, nur mit dem Unterschiede, daß sich hier durch das sich allmählig immer höher differenziirende Material ein die geistige Thätigkeit vermittelndes Organ herausbildete, welches als solches nicht ohne Einfluß auf die Lebenserscheinungen des einzelnen thierischen

Organismus blieb. Das Leben stellt in der Pflanze weiter nichts dar, als eine Reihe vielfach verschlungener und wunderbar combinirter physikalisch-chemischer Vorgänge; in dem Thiere ist das Gleiche der Fall, nur kommt hier zu der Menge dieser physikalisch-chemischen Vorgänge die dem Nervensystem adhaerirende geistige Thätigkeit, die einmal jene Vorgänge influencirt, andrerseits von jenen, als den Lebensbedingungen des Nervensystems, abhängig ist. — Die niedersten Pflanzen und Thiere bestehen nur aus einzelnen Zellen; wir nennen das an ihnen zur Erscheinung kommende Leben „ein geringes," und es ist in der That ein solches, weil diese einfachen Zellen der äußern Welt nur wenig Angriffspunkte darbieten. Wenn wir aber erwägen, daß jeder Baum, wie jedes Thier aus einer einfachen Zelle dadurch hervorgeht, daß sich die erste Zelle einmal und wieder und immer wieder bis zu Millionen und Billionen theilt oder verdoppelt, wenn jede dieser Zellen selbstverständlich wieder ihr eigenes Leben hat, so wird es begreiflich sein, daß je höher das Thier entwickelt ist, desto größer auch das aus dem Zusammenwirken dieser Millionen von Zellen resultirende Leben sein muß. Dieses Zusammenwirken der Zellen gegenüber den sie beständig angreifenden Naturkräften bedingt eben auch das thierische Leben; seine einzelnen und verschiedenen Erscheinungsformen und Aeußerungen hängen ab von der Anordnung der einzelnen Zellencomplexe oder Organe, und diese letztere ist wieder geregelt durch die bei der Entstehung des Thieres concurrirenden materiellen und immateriellen Kräfte. Die Fortentwicklung aber der ersten Zellen selbst, deren eben erwähnte tausendfach und aber tausendfach wiederholte Theilung oder Verdopplung, verdankt ihre Realisation wahrscheinlich keiner andern Combination von Naturkräften, als derjenigen, welche die Bildung der ersten Zelle bedingte. Molecularattraction, Kernbildung und Verdichtung der Bildungsmaterie um den Kern herum sind auch hier die Erscheinungen jeder Zellenbildung. Erinnern wir uns dabei, daß noch heutigen Tages das Sonnenlicht von der höchsten Bedeutung für die Fortentwicklung der Pflanzenzelle — das Vorhandensein des Bildungsmateriales in hinreichender Menge vorausgesetzt — ist, so dürfen wir auch vermuthen, daß dasselbe einen gleichen Einfluß auf die Fortentwicklung der ersten Pflanzenzellen hatte; und was die Fortentwicklung der ersten Thierzellen anbetrifft, so müssen

wir, wie bei der Zellenbildung in der Gegenwart, so auch bei ihnen an eine Mitwirkung electrischer Kräfte denken. Nicht mit Unrecht beginnt man (Baumgärtner*) vielleicht, das Ereigniß der Zellentheilung (der Dotterklüftung) als eine Polaritätserscheinung aufzufassen.

Wir sagten soeben, daß die Anordnung der einzelnen Zellencomplexe oder Organe geregelt sei durch die bei der Entstehung des Thieres (und der Pflanze) concurrirenden materiellen und immateriellen Kräfte. Ist dieser Ausspruch in Bezug auf das Thier auch noch ein rein hypothetischer, so scheint er doch den Vorzug zu verdienen vor der scheinbar sehr natürlichen frühern Annahme einer besondern dirigirenden Bildungskraft, die wir ein für allemal als ein Phantasiegebilde bezeichnen zu müssen glauben. Die Erblichkeit kleinster Eigenthümlichkeiten oder Abnormitäten eines Organismus, die Erblichkeit des Typus der Gattung oder Art weist uns hier auf bestimmte, gegebene Verhältnisse hin, die wir uns nur wegen ihrer unendlich zarten Anlage in den einzelnen Keimzellen kaum vorzustellen, geschweige denn durch die Untersuchung klar zu machen vermögen. Diese Verhältnisse, d. h. diese bestimmte Combination von Stoffen und die an ihnen zur Wirkung kommenden Kräfte bedingen, wie wir vermuthen, eine ganz bestimmte Entwicklungsgeschichte, d. h. Reihenfolge und Gränze der einzelnen Entwicklungsphasen des einzelnen Organismus. Schrieb man es denn früher nicht auch einer ganz besondern schöpferischen Bildungskraft zu, daß die sich aus dem Saamen entwickelnde Pflanze ihre Wurzel nach unten in die Erde, und ihren Stamm nach oben sende? Und doch haben Knight**) und neuerdings Wigand,***) nach experimenteller Prüfung, sinnreich und zweifellos richtig diese Erscheinung als Gravitationserscheinung an einem sich entwickelnden Organismus, d. h. als eine durch die Schwerkraft bedingte gedeutet. Ganz ähnlich dürften sich denn auch die in der Entwicklung des thierischen Organismus zu beobachtenden thatsächlichen

*) Prof. Baumgärtner: Nähere Begründung von der Lehre der Embryonalanlage durch Keimspaltungen und den Polarisationen der organischen Körper. Stuttgardt 1854.

**) Knight: Philosophical transactions 1806.

***) Dr. Alb. Wigand in Marburg: Botanische Untersuchungen. Braunschweig 1854.

Erscheinungen als die wunderbaren Resultate physikalischer und chemischer Kräfte wenn nicht schon deuten, doch vermuthend bezeichnen lassen. —

So weit dürften uns Physik und Chemie vielleicht mit der Zeit zureichende Erklärungsgründe für die Entstehung der Organismen, deren Entwicklung und deren Lebenserscheinungen darbieten. Aber eine gewisse Reihe von Erscheinungen ist damit noch nicht gedeckt. Was giebt uns unsern freien Willen? Was giebt uns unser Selbstbewußtsein? Was läßt uns mit mächtiger Bestimmtheit eine gewisse Beziehung unsrer selbst zu jener übersinnlichen Macht ahnen, zu deren Erkenntniß und Liebe die Naturforschung wohl nur diejenigen nicht hinführt, die man mit Recht der Kurzsichtigkeit oder einer das menschliche Wissen und Können überschätzenden Beschränktheit zeihen darf? Die Physiologie lehrt uns mit aller Bestimmtheit, daß das Gehirn der Sitz und das Werkzeug unserer Ueberlegungen und Sinnesempfindungen ist. Nehmen wir einem Thiere das Gehirn weg, so lebt es fort; es athmet, es verdaut die ihm in den Mund gebrachten Speisen, sein Herz pulsirt fort; aber es sieht nicht, es hört nicht, es fühlt nicht, es denkt nicht. Durchaus dasselbe findet Statt bei dem Menschen, dessen Gehirn durch Krankheit gelähmt oder zerstört ist. Wir kennen nicht den Zusammenhang zwischen geistiger Thätigkeit und Gehirn; trefflich nur vergleicht ihn Huschke, wie schon erwähnt, dem Zusammenhang von Licht und Farbe; wie diese nicht ohne Aetherschwingungen, so ist auch jene nicht ohne Hirnfaser vorhanden; „wie die Farbe zu den Aetherschwingungen," sagt Huschke, „so verhält sich der Gedanke zu den electrischen Schwingungen der Hirnfasern." Doch wie dem auch sei, jene Gefühlswelt, jene Geistesthätigkeit, daran läßt die Physiologie keinen Zweifel, stirbt mit dem Gehirn. Aber dieser Geist, so scheint es, ist verschieden von dem, was wir Seele nennen. Die Seele, — und auch hierin möchte ich im Allgemeinen der Darstellung Huschke's folgen — erscheint als das Göttliche in uns, was, untrennbar mit allem Sein verbunden, in uns eben so waltet, wie in jedem Theile des Weltalls. Und diese Seele stirbt nicht Sie ist das Unsterbliche in uns. Ein Theil der einen großen Weltseele, die wir als Gott, als eine im Universum waltende Macht verehren, kehrt sie nach dem Tode des Leibes zu ihrem

Ursprung zurück. Ob fortdauernd selbständig, in einem neuen Gewande? — Folge ein Jeder in dieser großen Frage seinem Glauben; die Wissenschaft bleibt jede Antwort schuldig, und es ist nicht meines Ortes, von Neuem einen Streit anzufachen, der Jahrhunderte dauert und den Jahrtausende doch nicht schlichten werden. — Ich sagte, unsere geistige Thätigkeit sei verschieden von der in uns lebenden Seele. Das schließt jedoch eine nahe Beziehung beider nicht aus; es scheint vielmehr zwischen beiden ein inniger Zusammenhang stattzufinden. Was wir in den Meisterwerken großer Künstler „den göttlichen Funken" nennen, das erscheint wie ein Ausströmen des Göttlichen durch das Mittelglied der geistigen Action. Wie der magnetische Strom auf den electrischen influirt, ähnlich macht die Seele den Geist erzittern und jede seiner Bewegungen ist gleichbedeutend oder fällt zusammen mit einer entsprechenden Schwingung von Nervenfasern, und wie umgekehrt der electrische Strom die Magnetnadel bewegt, also erregen geistige Wahrnehmungen und Bewegungen die Seele, und führen uns hin zu dem Gefühle innerster Befriedigung oder innersten Abscheu's. — Weiter kann und darf ich mich hier auf diese Fragen nicht einlassen. Auf einem Gebiete, wo uns die Thatsachen verlassen, wo sich ein Jeder mehr oder weniger selbst zurechtzufinden suchen muß, geziemt es mir nicht, etwas mehr, als die Andeutung einer individuellen Ansicht zu geben. Im Wesentlichen lag mir nur daran, die Grenze der naturwissenschaftlichen Forschung zu bezeichnen und nachzuweisen, daß auch bei ausgedehntester Zulassung chemisch-physikalischer Erklärung der Lebenserscheinungen dennoch ein weites Gebiet übrig bleibt, auf welchem ein jeder Versuch solcher Erklärung scheitert. —

Wir gelangen zur dritten Frage: In welchem Verhältniß, so lautet sie, stehen die später entstandenen Organismen zu den frühern? Waren sie nur höhere Entwicklungsstufen derselben oder war jede neue Art auch Folge einer neuen Schöpfung?

Erinnern wir uns zunächst der im vierten Vortrage erwähnten Thatsachen, so giebt sich in der ganzen Entwicklung des urweltlichen Pflanzen- und Thierreichs ein allmähliges Fortschreiten vom Niedern zum Höhern kund. Die in den ältesten Perioden allein dastehenden

und in üppigster Fülle entwickelten Farrn, Schachtelhalme und Lycopodiaceen treten in der Kreideformation und in der Molasse gegen die blüthentragenden Mono- und Dicotyledonen zurück; schon viele Pflanzen, die das Erdreich noch heutigen Tages schmücken, kommen in der Braunkohlenformation vor, bis endlich und allmählig diejenige Flora erschien, die uns gegenwärtig umgiebt. Nicht anders im Thierreich. In der Grauwacken- und Kohlenperiode kommt es nur bis zur Fischbildung, in der secundären Periode oder den Flötzschichten treten die Amphibien in ihren riesigen Formen auf, in der Molasseperiode erscheinen Vögel und Säugethiere und endlich erschien auch hier in der Schöpfungsreihe das höchst entwickelte Geschöpf, der Mensch. Mit seinem Dasein beginnt die gegenwärtige Periode. Je mehr wir uns der jetzigen Oberfläche der Erde nähern, desto verschiedener sind die aufgefundenen pflanzlichen und thierischen Organismen von denen, die wir in den tiefsten Schichtgesteinen finden. Unverkennbar tritt uns überall ein Fortschritt in der Entwicklung der einzelnen Organismen entgegen, eine Entwicklung, die sich jedoch mehr in der immer zunehmenden höhern Ausbildung der Individuen und in Vermehrung der Arten, Gattungen und Classen, als etwa in der Zunahme der Körpermasse aussprach.

Nur zu natürlich schließt sich solchen Thatsachen die Frage an, wodurch diese allmählige Entwicklung des Pflanzen- und Thierreichs bedingt wurde? Die verschiedensten Ansichten stehen sich hier einander gegenüber. Die Einen wähnen, daß jede neue Periode der Erdbildung auch von einer allgemeinen Neuschöpfung pflanzlicher und thierischer Organismen begleitet gewesen sei und dieselbe jedesmal zu andern Ergebnissen geführt habe, weil die jedesmaligen äußern Verhältnisse von den frühern verschieden waren. Andere erblicken in der ganzen Reihe pflanzlicher und thierischer Organismen einen derartigen Zusammenhang, daß sie von der Pflanzenzelle ausgehend, von dieser aus allmählig sämmtliche Pflanzen, und durch Metamorphosen der Keimzellen auch sämmtliche Thiere entstehen lassen. So vertheidigt noch kürzlich ein bekannter Physiolog und Arzt, Prof. Baumgärtner in seiner jüngst erschienenen „Näheren Begründung der Lehre von der Embryonalanlage durch Keimspaltungen und den Polarisationen der organischen Körper" den

Satz, daß die einfache Pflanzenzelle das erste organische Gebilde der Schöpfung gewesen, daß nach und nach die Pflanzenzelle zu einer Thierzelle umgewandelt sei, daß sich aus dem niedern Thiere immer das nächst höhere und so fort und fort das höchste endlich aus dem zweithöchsten, der Mensch also aus dem Affen hervorgebildet habe. Wieder Andere statuiren eine nur theilweise Fortdauer der Urzeugung oder Generatio aequivoca und erklären mit ihr die Entstehung früher noch nicht dagewesener Arten oder Gattungen von Pflanzen und Thieren; die einmal vorhanden gewesenen Arten lassen sie dagegen auf dem gewöhnlichen Wege der Fortpflanzung forteristiren und allmählige Modificationen erleiden. Endlich wenden sich Andere noch der Ansicht zu, daß nur eine allgemeine, die Hauptgruppen des Pflanzen- und Thierreichs bildende Neuschöpfung Statt hatte, sich alle spätern Classen, Gattungen und Arten aber auf dem Wege der gewöhnlichen Fortpflanzung aus diesen hervorbildeten. Nur auf dem Wege der Exclusion scheint sich hier einige Klarheit gewinnen zu lassen; eine bestimmte Ansicht läßt sich aber bei dem heutigen Stande unserer Kenntniß der urweltlichen Organismen trotz der bedeutenden Fortschritte derselben in den letzten Jahrzehnden dennoch nicht als die allein richtige bezeichnen.

Was zunächst die erste Annahme betrifft, so möchte es schwerlich zu erweisen sein, daß eine jede größere Revolution in der Entwicklungsgeschichte des Erdkörpers von einem allgemeinen Untergange der zur Zeit der vorhergehenden Periode existirt habenden Organismen begleitet war. Die Verhältnisse der einzelnen Schichtgesteine sprechen zu deutlich dafür, daß diese Revolutionen nicht mit einem Schlage und in gleicher Weise über den ganzen Erdball verbreitet erfolgten. Was uns die Geologie heutigen Tages als „Perioden" der Erdbildung schildert, sind nicht scharf abgeschnittene, durch nur momentane Revolutionen bedingte Epochen; gleich den äußern Verhältnissen veränderte sich vielmehr auch die Erdoberfläche in Folge von bedeutenden Eruptionen des Erdinnern nur allmählig und im langsamen Gange im Laufe von Jahrtausenden; wurde dadurch auch stellenweise die Erdoberfläche ihrer Organismen beraubt, ein plötzlicher und allgemeiner mehrfach wiederholter Untergang sämmtlicher zur Zeit existirenden organischen Bildungen läßt sich eben so wenig rechtfertigen, als die Annahme plötzlicher und

über die ganze Erdoberfläche gleichzeitig verbreiteter Revolutionen. Und sollten wir in der That alle Organismen der frühern Perioden stets nur als vergebliche Bildungsversuche des Schöpfers betrachten? Sollten sie nur geschaffen sein, um wieder auszusterben und einer ganz neuen Generation Platz zu machen? Würde es dann nicht bei Weitem natürlicher gewesen sein, die Bildung der Organismen der letzten Bildungsperiode vorzubehalten? Daß sich die Faunen und Floren der verschiedenen Sedimentschichten so sehr verschieden gestalteten, läßt sich in Betreff der von Anfang an vorhandenen Pflanzen- und Thiergattungen ungezwungen und zum Theil sicher auf andre Weise erklären. Es läßt sich nicht daran zweifeln, daß, wie heutigen Tages in auffallender Weise, so in der vorweltlichen Zeit in noch viel eingreifenderer Art durch die sich ständig verändernden äußern Verhältnisse der Temperatur, des Luftdruckes, des Lichtes, u. s. w., Reihen von Varietäten entstanden, deren letztes Glied kaum nur noch einige Aehnlichkeit mit den ersten hatte, und die die Palaeontologen vielleicht unrichtig als weit von einander verschiedene Arten bezeichnen. Es ist hinreichend bekannt, daß Pflanzen und Thiere (Vögel, Hunde, Schweine, Pferde u. s. w.), ja selbst, wie wir neuerer Zeit erfahren haben, die Eier der Vögel, durch Veränderung der äußern Lebensverhältnisse, durch Transport in fremde Climate u. s. w. auffallend verändert werden; in Folge mannigfacher Einflüsse ist selbst der Mensch einer Modification in Gestalt, Capacität und ganzem Wesen fähig, die ihn in der That einem Affen ähnlicher macht, als einem Menschen. In den Schluchten des Juragebirges und der Alpenabhänge entstehen in Folge verschiedener, äußerer Einflüsse, mangelhaften Luftwechsels, ungesunden Trinkwassers, in Folge von Armuth und Elend, jene bedauernswerthen Geschöpfe, welche wir Cretins nennen. Sie gleichen in vielen geistigen und körperlichen Eigenschaften durchaus den Thieren. Ihr abgeflachter Schädel hat die Form eines Affenschädels, ihr Geist ist der Bildung sehr schwer oder gar nicht zugänglich, ihre Triebe sind rein thierischer Art, sie empfinden Wollust in schmerzhaften Nervenreizen, sind wild und jähzornig, unreinlich und unersättlich u. s. w. Was sollen wir von solchen Geschöpfen halten? Sie sind Menschen, aber sie sind durch verschiedene äußere Einflüsse in ihrer ersten Entwickelung so gehemmt, daß sie nur

eine sehr modificirte Form des normalen Menschen darstellen. Durch gehemmte oder luxuriirende Entwickelung des Keimes und der Frucht, in Folge von freilich zum großen Theil noch nicht genau nachgewiesenen, aber keineswegs in das Bereich übernatürlicher Kräfte gehöriger Verhältnisse, entstehen ferner die Mißgeburten oder Monstrositäten, Geschöpfe mit eng verwachsenen untern Extremitäten, die s. g. Sirenen, mit mangelndem Ober- und Unterarm, oder mit mehr Fingern und Zehen als normal, eine Eigenthümlichkeit der Bildung, von der wir sogar wissen, daß sie erblich ist. Können aber äußere und innere Verhältnisse des Organismus noch unter unsern Augen solche Modificationen herbeiführen, um wie viel wahrscheinlicher ist es, daß jene sich beständig und in großartiger Weise verändernden äußern Lebensbedingungen auch die bedeutendsten Modificationen vorweltlicher Thier- und Pflanzenformen herbeiführten! Auf sie reduciren wir ohne Bedenken einen großen Theil der Verschiedenheiten, die sich uns in den Faunen und Floren der verschiedenen Schichtgesteine darbieten, und wir bleiben damit weit entfernt, dieselben aus einer jeder Periode eigenthümlichen allgemeinen Neuschöpfung herzuleiten, geschweige denn einen jede größere Revolution begleitenden allgemeinen Untergang sämmtlicher Organismen zu statuiren.

Eben so wenig wie der erstern, können wir aber der zweiten der erwähnten Ansichten beipflichten. So plausibel es Manchem auch scheinen mag, daß sich die ganze Reihe der Organismen in allmähliger Stufenfolge, von dem niedersten Gebilde bis zum höchsten fortschreitend, entwickelte, so sehr sogar, namentlich in Betreff der höhern Organismen, die Berücksichtigung der Entwicklung der einzelnen Individuen zu solcher Annahme hindrängt, die uns zu Gebote stehenden Thatsachen sind einmal noch nicht hinreichend, um sie zu rechtfertigen, andrerseits aber nicht ungünstig, um sie zu widerlegen. Trotz der Tausende von aufgefundenen urweltlichen Thier- und Pflanzenformen fehlt es uns zunächst oft noch ganz und gar an den nothwendigen Uebergangsstufen und Mittelformen zwischen einzelnen Gattungen und selbst Arten. Mögen auch nach Lindley die zwischen den Coniferen und Lycopoditen stehenden Lepidodendren eine treffliche Uebergangsstufe von blüthenlosen zu blühenden Gewächsen bilden, es muß immer mehr als schroff erscheinen, die

Plesiosauren als Uebergangsformen von den Amphibien zu den Vögeln, oder mit Cotta die beutelthierähnlichen Thylacotherien in den Stonesfield-Schiefern für Uebergangsformen vom Vogel zum Säugethier zu halten. Andrerseits lassen aber die bestimmten, typischen Entwicklungsphasen der wesentlichsten Thier- und Pflanzenformen schließen, daß es auch von Anfang an bestimmte Typen der Entwicklung, wenigstens für Pflanzen, wirbellose und Wirbelthiere gab, und eben die Thatsache, daß wir schon in den ältesten Formationen sowohl Pflanzen, als wirbellosen und Wirbelthieren (Fischen) begegnen, darf gewiß als ein wichtiger Gegenbeweis der oben erwähnten Annahme Baumgärtner's betrachtet werden. In Betreff des Thierreichs der Gegenwart sagt einer der bedeutendsten Naturforscher, Milne-Edwards, in seinem Werke „das Verfahren der Natur bei Gestaltung des Thierreichs," daß ihm die Vielfältigkeit der thierischen Grund- und Secundärformen ein von der Wissenschaft errungenes Ereigniß zu sein scheine; — — „welches auch der Gesichtspunkt sein mag, welchen man einnimmt, man sieht, daß die Gesammtheit der Thiere sich nicht als eine einfache Reihe von der Monade oder dem Seeschwamm an bis zum Menschen darstellen läßt." Ganz dasselbe läßt sich aber sicher auch von der ganzen Thierreihe der Vorwelt behaupten, und will man gar die pflanzlichen Organismen in diese Reihe hineinziehen, so dürfte die Annahme der stufen- und schrittweisen Entwickelung dieser Reihe von der Pflanzenzelle an bis zum höchsten Wirbelthier nur noch um so zweifelhafter erscheinen. Die Thatsache der anfänglichen und, so weit wir schließen dürfen, auch gleichzeitigen Existenz von Pflanzen, wirbellosen und Wirbelthieren darf hier als ein leitender Gesichtspunkt niemals übersehen werden.

Anders verhält es sich mit der obigen dritten und vierten Annahme. Sie beide fallen in das Gebiet der Möglichkeiten, für keine lassen sich aber bis dahin vorwiegende Entscheidungsgründe beibringen. Die hauptsächliche Schwierigkeit wird uns hier durch die höher entwickelten Wirbelthiere bereitet. Die Entstehung der niedern Thierklassen haben wir oben schon zum Theil auf die Varietäten-Bildung in Folge der sich verändernden äußern Einflüsse zu reduciren gesucht; für einen andern Theil darf man sicher eine in den frühern Schöpfungsperioden noch ständig obwaltende, ausgedehnte und erst nach und nach erlöschende Ur-

zeugung als Erklärungsgrund gelten lassen. Um aber die Entstehung der höhern Wirbelthiere zu erklären, fehlt es uns an genügendem Verständniß. Es fehlt uns an Thatsachen, um mit Bestimmtheit zu sagen, diese Thiere und also auch der Mensch haben sich aus niedrigern und früher schon existirt habenden Wirbelthieren entwickelt; die Betrachtung der gegenwärtigen Thierwelt, der Mangel aufgefundener frappanter Uebergangsformen bereiten dieser Annahme Schwierigkeit. Die Berücksichtigung andrerseits der für die Entwickelung eines höhern Wirbelthieres erforderlichen Verhältnisse machen es überaus schwierig, sich hier für eine generatio aequivoca, eine Urzeugung zu erklären, ja im Ganzen dürfte diese Annahme noch weniger zu halten sein, als die erstere. So müssen wir also diese Frage vorläufig noch offen lassen. Hoffen wir, daß uns auch hier fortgesetzte palaeontologische Forschungen mit der Zeit noch weitere Aufschlüsse geben, neue Thatbestände eröffnen. Einmalige allgemeine Urzeugung von Pflanzen, wirbellosen und Wirbelthieren, allmählige Entstehung tausendfacher Varietäten (Arten) durch die sich mächtig und ständig verändernden äußern Verhältnisse, theilweise und namentlich für die niedern Pflanzen und Thiere fortdauernde, aber nach und nach immer mehr erlöschende Urzeugung, das möchten diejenigen Punkte sein, welche sich bei der Erklärung der allmähligen Entwickelung und Ausbreitung des Pflanzen- und Thierreichs bis dahin vertheidigen lassen. Was sich damit nicht erklären und begreifen läßt, muß der zukünftigen Forschung überlassen bleiben. —

Es bleibt uns übrig, noch in aller Kürze einer vierten Frage zu gedenken, der Frage nach der ursprünglichen Einheit der verschiedenen Pflanzen- und Thierarten, und insonderheit des Menschengeschlechtes. Stammen, so lautet sie, alle Pflanzen- und Thierspecies ursprünglich von je einem elterlichen Organismus oder einem Paare ab, oder gab es ursprünglich verschiedene Stammorganismen und Elternpaare, und insonderheit verschiedene Menschenpaare, die die Eltern der jetzt noch existirenden Rassen bildeten?

Die Frage ist in der letztern Zeit vielfach discutirt. Ein entschiedenes Resultat ist aber keineswegs erreicht und der weiter unten anzuführende Endschluß, welchen Rud. Wagner in Göttingen in seiner

vielbesprochenen Schrift „Menschenschöpfung und Seelensubstanz“ aufstellte, faßt die Antwort auf unsre Frage immer noch so bündig und richtig, als es zur Zeit möglich ist, zusammen. — Für die ältesten Schöpfungsperioden darf man allerdings wohl, für Pflanzen ebensowohl als Thiere, die gleichzeitige Entstehung vieler gleichartiger Organismen auf dem Wege der Urerzeugung statuiren. Gleiche, die Entstehung bedingende Verhältnisse erstreckten sich damals wahrscheinlich auch in gleicher Weise über den größten Theil der Oberfläche des Erdballs und es ist nicht einzusehen, weshalb das, was an einem Orte geschah, nicht auch an vielen andern Orten geschehen konnte. In dem langen Laufe der Schöpfungsperioden erlosch aber wahrscheinlich, wie wir oben schon vermutheten, die Urzeugung immer mehr; nur an einzelnen Localitäten mochten noch alle Verhältnisse und Bedingungen in zweckentsprechender Weise zusammentreffen, und ob da nicht die höher entwickelten pflanzlichen und thierischen Organismen zunächst nur in sehr geringer Anzahl, ja selbst ganz einzeln entstanden, bleibt fraglich. Zu demselben Schlusse gelangen wir bei der Annahme einer Entstehung höher entwickelter Thiergattungen aus niedern; ja die anfängliche Existenz von nur einzelnen oder einem Paare wird hier nur um so wahrscheinlicher, als man bei dieser Annahme auf besondere individuelle oder locale Verhältnisse zu recurriren genöthigt sein dürfte. Doch wie dem auch sei, die Möglichkeit der Abstammung der höher entwickelten thierischen Organismen von einzelnen Paaren läßt sich nicht bestreiten, wenn sie sich auch eben so wenig beweisen läßt. Wenn C. Vogt in seiner Streitschrift gegen Rud. Wagner „Köhlerglaube und Wissenschaft“ die Unmöglichkeit der Einwanderung des Menschen oder der höher entwickelten Wirbelthiere aus Asien nach Amerika behauptet, wenn er ferner behauptet, daß aus der fruchtbaren Vermischung der verschiedenen Menschenrassen nicht auf die Arteinheit derselben geschlossen werden könne, da auch verschiedene Thierspecies sich fruchtbar vermischen und die Abkömmlinge fortpflanzungsfähig seien, so hat ihm Andreas Wagner in seinem Schriftchen „Bibelglaube und Naturwissenschaft“ sehr gewichtige Thatsachen und Untersuchungen entgegengestellt. Wer sich für die Frage näher interessirt, wird in den genannten Schriften hinreichende Belehrung finden. Wir entnehmen hier denselben nur das

Hauptresultat, daß die Unmöglichkeit der Abstammung der höhern Thierspecies und insonderheit der Menschen von einem ursprünglichen Paare keineswegs erwiesen ist, die Möglichkeit der Abstammung von verschiedenen Elternpaaren aber auch eben so wenig abgeläugnet werden kann.

Blumenbach schrieb in seinen „Beiträgen zur Naturgeschichte" *) „Ein Wort zur Beruhigung in einer allgemeinen Familienangelegenheit." Er erklärt sich darin, in Uebereinstimmung mit Haller, Linné und Büffon, gegen die „dürren Worte des berühmten Philosophen und kreuzbraven Grillenfängers Lord Monboddo": „Es ist meines Bedünkens unwiderredlich erwiesen, daß die Orangutangs mit unser einem zu einerlei Species gehören;" stimmt aber auch wieder Haller, Linné und Büffon darin bei, daß alle wahre Menschen, Europäer, Neger u. s. w. für bloße Spielarten einer und eben derselben Stammgattung anzusehen seien. Er sagt: „alle die beim Menschen vorkommenden Verschiedenheiten sind nicht um ein Haar auffallender, als die, worin tausend andre Gattungen von organisirten Körpern gleichsam unter unsern Augen ausarten," und: „nicht eine einzige der körperlichen Verschiedenheiten bei irgend einer Menschenvarietät existirt, die nicht durch so unendliche Nüancen allmählig in der andern ihre überfließt, daß derjenige Naturforscher oder Physiologe wohl noch geboren werden soll, der es mit Grund der Wahrheit wagen dürfte eine bestimmte Grenze zwischen diesen Nüancen und folglich selbst zwischen ihren Extremen festzusetzen."

Rud. Wagner hat seine Ansicht bezüglich dieser Frage in seiner schon oben citirten Schrift niedergelegt. Er stellt zunächst folgende Sätze auf:

1) Alle körperlichen Verschiedenheiten, welche zwischen den Völkern des Erdballs vorkommen, sind nicht größer, als die Verschiedenheiten, welche bei Thieren und Pflanzen von einer und derselben Art z. B. beim Hund, beim Schaaf u. s. w. vorkommen.

2. Diese Spielarten zerfallen in zufällige Varietäten, z. B. die

---

*) Göttingen 1790. Pag. 56.

Albinos oder Kakerlaken, in klimatische Varietäten und in ständige Varietäten.

3. Die Feststellung der Zahl dieser Arten hängt einigermaaßen von der Willkür ab. Doch ist Blumenbachs Eintheilung in die kaukasische, die asiatische, die afrikanische wollhaarige und die amerikanische nach der vorherrschenden weißen, gelben, schwarzen und rothen Farbe noch stichhaltig. Will man die 5. Blumenbach'sche, die malayische hinzukommen lassen, so müßte man als 6. noch die schlichthaarige schwarze Rasse Neuhollands, und als 7. vielleicht die Papuas hinzufügen.

4. Sämmtliche Rassen bilden nach streng physiologischem Begriff nur eine Species; sie vermischen sich untereinander fruchtbar.

5. Die geschichtlichen Documente, Mumien und fossile Menschenskelette weisen nach, daß der Mensch von Anfang an keine wesentlichen Verschiedenheiten in Form und Größe erlitten hat, daß er aber in der Reihe der Organismen der letzte war, der in der Schöpfung auftrat.

Darnach fährt Wagner dann fort: „Sämmtliche Rassen des Menschen, so wie die Rassen vieler Hausthiere lassen sich auf keine wirklich existirende, sondern nur auf eine ideale Urform zurückführen. Die Art und Weise, wie sich die Rassen gebildet haben, ist völlig unbekannt. Sie fällt in unvordenkliche, der Forschung völlig unzugängliche Zeit. Ob alle Menschen von einem Paare abstammen, läßt sich vom Standpunkte der Naturforschung aus eben so wenig erweisen, als das Gegentheil — —; die Möglichkeit dieser Abstammung läßt sich aber wissenschaftlich nach streng physiologischen Grundsätzen durchaus nicht bestreiten. Wir sehen unter unsern Augen in einzelnen kolonisirten Ländern physiognomische Eigenthümlichkeiten bei Menschen und Thieren entstehen und beharrlich werden, welche, wenn auch nur entfernt, an die Rassenbildung erinnern."

Zu weitern Behauptungen sind wir bis dahin nicht berechtigt und die oben gestellte Frage bleibt also, insonderheit in Betreff des Menschen, noch offen. Ob uns fortgesetzte palaeontologische Nachforschungen nicht auch hier noch mit der Zeit weitere Aufklärungen verschaffen werden, lassen wir dahingestellt sein.

Das Geheimnißvolle der Schöpfungsgeschichte und insonderheit der

Entstehung der pflanzlichen und thierischen Organismen hat für einen Jeden einen hohen Reiz; fort und fort suchen und sammeln die Palaeontologen in der Tiefe der Erdschichten, um den dunkeln Schleier, der jene Geschichte noch deckt, zu lüften. Haben wir in dem Vorhergehenden dennoch schon den Versuch gewagt, eine Erklärung mit den zahlreichen uns bis dahin bekannten urweltlichen Thatsachen zu verbinden, so geschah es einmal, um zu zeigen, wie weit eine solche zur Zeit überhaupt möglich ist, andrerseits aber vorzugsweise, um nachzuweisen, daß es nichts weniger als nothwendig ist, überall in der Schöpfungsgeschichte auf specielle und unmittelbare schöpferische Eingriffe zu recurriren, daß sich vielmehr die Entwickelung der Organismen, ebenso wie die des Erdballs selbst, als eine nach dem einmal angelegten Plane des Schöpfers durch chemisch-physikalische, in wunderbarer Harmonie zusammentreffende und an dem Stoffe selbst zur Geltung kommende Kräfte vermittelte mit vollem Rechte betrachten läßt, daß, was für die Lebenserscheinungen der Gegenwart mit großer Sicherheit zugegeben wird, mit derselben Sicherheit auch für die ersten existirenden organischen Bildungen zugegeben werden muß. — Nicht jede neue und einzelne Fügung im Leben des Einzelnen ist „ein Wunder;" was man so nennt, ist in der Regel nichts als eine naturgemäße Entwickelung und Aufeinanderfolge eng zusammenhängender, sich wechselseitig bedingender Momente; nur das Leben in seiner vollen Totalität ist und bleibt ewig „ein Wunder." Ebenso verhält sich's mit der allmähligen Entwickelung und dem jetzigen Sein der uns umgebenden Natur. Nicht jede Phase ihrer Entwickelung, der Entwicklung der unorganischen sowohl als organischen Körper, darf uns als neues „Wunder" entgegentreten; auch hier läßt sich mehr und mehr die durch Millionen von Jahren hinaufreichende Reihe tausendfältiger Erscheinungen naturgemäß deuten; aber ein Blick auf den ersten Anfang und ein Blick auf das heutige Ganze — und ewig fragend und staunend werden wir dastehn vor „einer heiligen Naturkraft innerem Wirken!" —

Sechster Vortrag.

Der Kreislauf des Stoffes.

Nach einer kurzen Betrachtung der Entwicklungsgeschichte unseres Erdkörpers und seiner Organismen wenden wir uns dem Hauptgegenstande der allgemeinen Physiologie, der Untersuchung des allgemeinen Geschehens in der uns umgebenden Natur zu. Von vorn herein müssen wir uns hier unseres Untersuchungsgebietes klar bewußt werden. Es ist die ganze Natur mit der wir es zu thun haben, und nicht nur die Betrachtung der Lebenserscheinungen der pflanzlichen und thierischen Organismen bildet unsre Aufgabe. Ueber das augenfällige und rege Leben der letztern darf man die dem Auge zum größten Theil unsichtbaren Bewegungen im Reiche der unorganisirten Körper nicht übersehen. Sie eben sind die Quelle alles Lebens, und ohne eine Einsicht zu besitzen in die untrennbare Verkettung, welche zwischen dem Reiche der organisirten und unorganisirten Körper besteht, wird es nimmer möglich sein, die Lebenserscheinungen der erstern zu verstehen.

Es hat eine lange Zeit gewährt, bevor uns die Naturforschung einen klaren Blick in dieses allgemeine Geschehen in der Natur gewinnen ließ; erst wenige Jahre sind verflossen, seit uns dasselbe von den geistreichsten Physiologen unseres Jahrhunderts in einem richtigen Gesammtbilde vorgeführt wurde. Aber mit unwiderstehlicher Kraft, wie sie der Wahrheit eigen ist, und mit verhältnißmäßig großer Raschheit hat sich die neue Erkenntniß Bahn gebrochen und Eingang verschafft, und es möchten nur wenige Freunde der Naturwissenschaften sein, denen die Aufschrift des vorliegenden Vortrages noch einen befremdenden Klang hat. In einem ewigen Kreise bewegen sich die Elementarstoffe, die,

ursprünglich der Luft und der Erdoberfläche angehörig, den pflanzlichen wie thierischen Organismus zu bilden bestimmt sind; sie ruhen nimmer, und ihr Kreislauf eben bezeichnet den Weg, auf welchem die Erhaltung des Gewordenen ermöglicht wird. Generationen von Pflanzen und Thieren gehen aus dem gesetzmäßigen Zusammentritt bestimmter Elementarstoffe hervor; sie wachsen und blühen in Folge andauernder Stoffaufnahme und Stoffmetamorphose. Doch ein gleiches Loos erwartet sie alle. Sie sind bestimmt, wieder zu zerfallen in dieselben Elementarstoffe, aus denen sie hervorgingen, bestimmt, nach ihrem Zerfall das Bildungsmaterial neuer Generationen abzugeben. Unsere Phantasie beschäftigt sich nicht gern mit dem Gedanken, daß die Pflanze, welche uns als Nahrungsmittel dient, ihren Stickstoff aus irgend welchem verwesenden Thierleibe entlehnte, oder ihren Kohlenstoff aus dem Rauch unserer Schornsteine hernahm, und doch würden wir uns vergeblich bemühen zu beweisen, daß dem nicht so sei. Dieselben Elementarstoffe, welche unsern Organismus zusammensetzen, haben vielleicht schon Tausenden von Pflanzen und Thieren das Dasein gegeben; auch unser Dasein hat sein Ende, auch unser Organismus wird wieder in seine Elementarstoffe zerfallen; aber der Stoff ist unvergänglich und rastlos, und, kaum in das Reich der unorganischen Welt zurückgekehrt, wird er den Kreislauf schon wieder von Neuem beginnen.

Eine Darlegung dieser allgemeinen Verhältnisse, eine Skizze dieses Kreislaufs des Stoffes soll den Gegenstand unserer vorliegenden Betrachtung bilden. Nehmen wir unsern Ausgang von der uns umgebenden Atmosphäre und der Erdoberfläche, die den Organismen zum Wohnplatz dient.

Unsere atmosphärische Luft, wo immer man sie auch untersucht, besteht ihren Hauptbestandtheilen nach stets aus Sauerstoff und Stickstoff. Gay-Lussac und A. von Humboldt fanden überall, daß in 100 Raumtheilen Luft 79 Theile Stickstoff und 20,9—21,2 Raumtheile Sauerstoff vorhanden seien, so auf den Bergen, so im Thal, so an der Küste, so im Binnenlande. „Das erste Resultat, daß sich die Zusammensetzung der Luft nicht ändert,“ sagt A. von Humboldt, „ist ganz scharf; das zweite, daß die atmosphärische Luft 21 Proc. Sauerstoff enthält, kann sich nur wenig von der Wahrheit

entfernen." *) Aber Sauerstoff und Stickstoff sind nicht die einzigen Bestandtheile der Luft; sie sind stets und überall, wenn auch in noch so geringen Mengen, begleitet von Kohlensäure, Ammoniak und Wasser, Verbindungen, deren elementare Zusammensetzung wir im ersten Vortrage kennen gelernt haben. Die Quantität der Kohlensäure beträgt nach de Saussure's Versuchen in 10,000 Th. Luft etwa nur 4,15 Theile. Ihre Menge steigt in eng geschlossenen, mit Thieren oder Menschen überfüllten Räumen freilich leicht auf das 40fache und Leblanc will selbst in der Luft des Pariser Theaters 4,3 Proc. derselben gefunden haben. Im Allgemeinen bleibt jedoch jenes Verhältniß das gewöhnliche. Die Beobachtungsfehler in Anschlag gebracht, läßt sich die Menge höchstens auf $1/_{1000}$ veranschlagen. **) Dennoch, welch' enorme Massen von Kohlensäure bildet dieser Bruchtheil, wenn man berechnet, wie viel derselbe für die ganze den Erdball umgebende Atmosphäre beträgt! Jeder Quadratfuß der Erde trägt circa 1300 Pfund Luft; die Kohlensäure enthält etwas über 27 Proc. Kohlenstoff; danach befinden sich in der gesammten Atmosphäre nicht weniger als 2800 Billionen Pfund Kohlenstoff, eine Quantität, von welcher Liebig sagt, daß sie mehr beträgt, als das Gewicht aller Pflanzen der bekannten Braunkohlen- und Steinkohlenlager zusammengenommen. ***) — Die Menge des Ammoniaks ist ebenfalls sehr gering und verhältnißmäßig noch viel geringer, als die der Kohlensäure. Im Minimum beläuft sich dieselbe nach Horsford's Untersuchungen auf, 2 Milliontel, im Mittel auf 17,11, im Maximum auf 47,6 Milliontel; †) sie ist im Sommer, entsprechend der rascheren Verwesung abgestorbener pflanzlicher und thierischer Organismen, größer als im Winter, und in der Nacht größer als am Tage (Fresenius). Aber dieser, wenn auch noch so geringe Bruchtheil, liefert im Ganzen ebenfalls enorme Mengen, Mengen, welche fast hinreichend sind den Stickstoffbedarf der Pflanzen

---

*) S. A. v. Humboldt's „Kleinere Schriften." 1853. pag. 349.

**) S. Liebig. Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. 1843. pag. 19.

***) Ebendaselbst. pag. 22.

†) Vgl. in Betreff dieser Zahlenangaben Moleschott's Physiologie des Stoffwechsels. Erlangen 1851.

und Thiere zu decken. — Der Wassergehalt der Luft endlich ist gleichfalls verhältnißmäßig gering. Er unterliegt je nach der Verdunstung größerer oder kleinerer Wasserflächen u. s. w. bedeutenden Schwankungen. Im Durchschnitt mag er sich nach Verver's und Leblanc's Untersuchungen auf 5—8 Tausendtel belaufen. Aber auch diese Quantität ist hinreichend, um der Erde jene Mengen von Regen zu liefern, die alljährlich auf sie niederfallen, eine Menge, deren Größe sich leicht berechnen läßt, wenn man bedenkt, daß der alljährlich herabfallende Regen durchschnittlich einer Wasserschicht von etwa 36 Pariser Zoll entspricht. *)

Wie verhalten sich dem gegenüber die Bestandtheile unserer jetzigen Erdoberfläche? Sie wird theils vom Wasser, theils vom festen Lande gebildet. Jenes enthält in Auflösung eine reiche Menge von Salzen, die ihm zum Theil ursprünglich angehören, zum Theil alljährlich von Neuem durch Ströme und Flüsse zugeführt werden; dieses besteht in seiner uns hier allein interessirenden oberflächlichsten Schicht wesentlich aus denjenigen Verbindungen, aus welchen wir früher die Gebirgsmassen zusammengesetzt sahen, und nebenbei aus Verbindungen, welche aus dem Zerfall, der Verwesung oder Vermoderung begrabener thierischer und pflanzlicher Organismen hervorgehen; beide zusammengenommen bilden eben unsere sog. Damm- oder Ackererde. — Die ungeheure, fast $^3/_4$ der ganzen Erdoberfläche bildende Oberfläche des Meeres und der Binnenwässer unterliegt einer beständigen Verdunstung und giebt in dieser Weise dem Wassergehalt der Atmosphäre seine Entstehung. Dieser, in Dunstform aufgestiegen, kehrt in der Form des tropfbar-flüssigen Regens, stets einen Theil des in der Luft enthaltenen Ammoniaks und der Kohlensäure mit sich führend, auf die Erdoberfläche zurück. Mächtig ist die Wirkung, welche er als solcher, gemeinsam mit den Bestandtheilen der Atmosphäre, der Kohlensäure und dem Sauerstoff, auf alle Felsen und Gesteinsmassen ausübt; er bedingt zum größten Theil die Verwitterung derselben und fortspülend führt er die Verwitterungsmassen den Thälern und fruchttragenden Feldern, den

*) Ueber die an verschiedenen Orten wechselnden Regenmengen vgl. Humboldt. Kosmos I. pag. 359 u. 485.

Bächen und Flüssen, die durch zeitweilige Ueberschwemmungen dem anliegenden Lande ihre festen Bestandtheile übergeben, zu. Können wir noch zweifelhaft sein, aus welchen Bestandtheilen diese Verwitterungsmassen bestehen? Es sind dieselben Bestandtheile, welche die Gebirgsmassen zusammensetzen und nur je nach ihrem Ursprunge sind sie und nicht minder die Bodenarten verschieden, zu deren Bildung sie beitragen. Von dem verwitterten Feldspath empfängt der Boden Kieselerde, Thonerde und Kali; von dem Albit Kieselerde, Thonerde und Natron; von dem Labrador Kieselerde, Thonerde und Kalk; von dem Syenit mit der Hornblende oder der ganzen Gruppe der Grünsteine: Kieselerde, Kalk, Magnesia und Eisenoxydul; von der Kreide den kohlensauren, von dem Apatit den phosphorsauren, von dem Gyps den schwefelsauren Kalk. Kali, Natron, Magnesia, Kalk, Eisenoxyd und Eisenoxydul, Kieselerde, Schwefelsäure, Phosphorsäure und Kohlensäure sind aber in der That auch überall die hauptsächlichsten unorganischen Bestandtheile unseres Ackerbodens. — Aber derselbe enthält noch andere Verbindungen. Die Massen von abgestorbenen pflanzlichen und thierischen Organismen, welche seit Tausenden von Jahren alljährlich auf der Oberfläche des Erdbodens verwesen, oder, der Luft weniger zugänglich und tiefer gelegen, vermodern, sie tragen wesentlich bei zur Bildung unserer Ackerkrume. Die sämmtlichen unorganischen Bestandtheile dieser thierischen und pflanzlichen Organismen, — und es sind dies keine andern als diejenigen, welche wir so eben schon als aus andrer Quelle dem Boden zufließend erkannten, — verbleiben zunächst wieder als solche dem Boden; was wir die Asche jener Organismen nennen, trägt nicht wenig zur Bereicherung des Bodens an unorganischen Verbindungen bei. Die sämmtlichen organischen Bestandtheile derselben hingegen verbleiben dem Boden nicht als solche; sie, aus Kohlenstoff und Wasserstoff, oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehend, unterliegen alsbald einem Zerfall, einer Metamorphose, und das Resultat dieser Metamorphose ist einmal die Bildung von Kohlensäure und Ammoniak, andrerseits die Bildung der sog. Humussäuren, Producte der in Verwesung begriffenen Holz- oder Pflanzenfaser. Die Holz- oder Pflanzenfaser, der wesentlichste Bestandtheil jedes Pflanzen-

theils, besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Der Verwesung unterlegen, giebt sie zunächst, ähnlich wie es früher bei der Braun- und Steinkohlenbildung erwähnt wurde, einen Theil ihres Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs in der Form von Kohlensäure und Wasser ab; ein andrer Theil aber bleibt zurück und dieser Theil, den wir in Verbindung mit den übrigen Bestandtheilen des Erdbodens Humus nennen, besteht nun der Hauptmasse nach nicht mehr aus dem Zellstoff der Pflanze, sondern aus sauren Substanzen, organischen Säuren, die man früher allgemein unter dem einen Namen der Humussäure zusammenfaßte, die aber nach Mulder's sorgfältigen Untersuchungen *) in der That sehr verschiedenartig in ihrer Zusammensetzung sind und deshalb auch mit verschiedenen Namen von ihm belegt wurden. Die häufigste dieser Säuren ist die sog. Huminsäure ($C_{40} H_{12} O_{12}$); ihr folgt die Geïnsäure ($C_{40} H_{12} O_{14}$); dieser die Quellsatzsäure ($C_{48} H_{12} O_{24}$); und dieser die Quellsäure ($C_{24} H_{12} O_{16}$). Der ganzen Reihe dieser Stoffe giebt vielleicht die Ulminsäure ($C_{40} H_{14} O_{12}$) in Folge fortdauernder Oxydationsvorgänge die Entstehung. **) — Doch es kommt hier weniger auf die genaue Kenntniß all dieser einzelnen Verbindungen an; nur das ist festzuhalten, daß unser Ackerboden neben den Verwitterungsmassen, die ihm zugeführt werden und neben der Kohlensäure und dem Ammoniak, die aus der Verwesung pflanzlicher und thierischer Organismen hervorgehen, stets auch organische Verbindungen und zwar Säuren enthält, die aus der

*) Vgl. G. J. Mulder: Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie, übersetzt von Jac. Moleschott. Heidelberg 1844. S. 155—188.

**) So bildet vielleicht die Ulminsäure $= C_{40} H_{14} O_{12}$ unter Aufnahme von 2 At. Sauerstoff die Huminsäure $= C_{40} H_{12} O_{12}$ plus 2 At. Wasser $= 2$ HO;

Die Huminsäure unter Aufnahme von 2 At. Sauerstoff die Geïnsäure $= C_{40} H_{12} O_{14}$;

Zwei Aequivalente Geïnsäure unter Aufnahme von 72 At. Sauerstoff die Quellsatzsäure $= C_{48} H_{12} O_{24}$ plus 32 At. Kohlensäure und 12 At. Wasser ($= 32\, CO_2$ plus 12 HO);

Die Quellsatzsäure endlich unter Aufnahme von 40 At. Sauerstoff die Quellsäure $= C_{24} H_{12} O_{16}$ plus 24 At. Kohlensäure $= 24\, CO_2$.

Jedenfalls ist das Hervorgehen dieser verschiedenen Verbindungen, der einen aus der andern, mehr als wahrscheinlich.

Metamorphose der Pflanzenfaser oder des Pflanzenzellstoffes entspringen und die wir unter dem Namen der Humussäuren zusammenfassen.

Damit haben wir die wesentlichsten Bestandtheile der atmosphärischen Luft und unseres Ackerbodens kennen gelernt. Wozu dienen sie nun? Welchen Weg schlagen sie ein? — Wir wissen es längst, Luft und Boden geben zunächst der Pflanze die Nahrung; sie liefern in unerschöpflicher Fülle das Material zu den Tausenden und aber Tausenden von pflanzlichen Bildungen, an deren Gestalt, an deren Grün, deren Blüthe und Frucht wir uns alljährlich von Neuem erfreuen. Aber in welcher Weise tragen ihre einzelnen Bestandtheile hierzu bei? Welche Bedeutung haben dieselben für die Entwicklung der einzelnen Theile der Pflanze?

Zerlegen wir eine Pflanze mit Allem, was zu ihr gehört, in ihre elementaren Bestandtheile, so finden wir zunächst, daß sie zusammengesetzt ist aus organischen (verbrennlichen) und aus unorganischen (unverbrennlichen) Bestandtheilen. Verbrennen wir die Pflanze, so bleiben die letztern als Asche zurück. Eine weitere Analyse lehrt uns sodann, daß jene aus Kohlenstoff und Wasserstoff, oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehen, diese dagegen aus phosphorsauren, schwefelsauren, kohlensauren und kieselsauren Salzen zusammengesetzt sind, deren Basen theils die Alkalien (Kali und Natron), theils die alkalischen Erden (Kalk und Magnesia), theils Metalloxyde (Eisenoxyd) bilden. Ist es nicht schon zu errathen, woher die Pflanze diese ihre Bestandtheile bezog?

Die aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehenden ätherischen Oele, die aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzten indifferenten Stoffe, wie das Stärkmehl, das Gummi, der Zellstoff, der Zucker und die Säuren, wie die Wein-, die Aepfel-, die Citronensäure, die aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehenden stickstoffhaltigen Verbindungen endlich, wie das Pflanzeneiweiß oder der Kleber, die Pflanzenbasen u. s. w., sie alle haben ihre elementaren Bestandtheile den Bestandtheilen der Luft und dem aus der Verwesung pflanzlicher und thierischer Organismen hervorgegangenen Ammoniak

und der Kohlensäure des Erdbodens entnommen. Ohne die Anwesenheit dieser einfachern und unorganischen Verbindungen in Luft und Boden würde sich keine Pflanze, kein Blatt, keine Frucht entwickeln können. Aber wunderbar genug, nicht der in der Luft in so reichlicher Menge vorhandene Stickstoff trägt direct dazu bei, die organischen Verbindungen der Pflanze zu bilden, auch nicht der Sauerstoff der Luft als solcher hat vorzugsweise Antheil an diesen Bildungen, es sind vielmehr nach den lehrreichen und trefflichen Untersuchungen Boussingault's u. A. nur die oben als in verhältnißmäßig so geringer Quantität in der Luft, außerdem aber im Erdboden enthaltenen Verbindungen, das Ammoniak, die Kohlensäure und das Wasser, welche das Material zu der Bildung jener Substanzen liefern. Noch kürzlich erwies uns dies Boussingault durch die interessantesten Versuche in seinen „Untersuchungen über die Vegetation," *) und es wurde namentlich durch dieselben das auffallende Factum bestätigt, daß die Pflanze keinen Stickstoff direct aus der Luft aufnimmt. — Die unorganischen Bestandtheile der Pflanze, die ihre Asche bildenden Mineralbestandtheile, stammen dagegen nur aus dem Erdboden her; aufgelöst in dem die Erde tränkenden Regenwasser werden sie von den Wurzelfasern aufgenommen, um einmal das Gerüst der Pflanze bilden zu helfen, um andererseits, wie wir es später noch hören werden, die Bildung der zusammengesetzten organischen Verbindungen zu vermitteln. Es sind diese Bestandtheile der Pflanze nicht etwa nur zufällige und überflüssige; sie sind nicht etwa nur in die Pflanze übergetreten, weil sie nun einmal in dem Boden vorhanden waren; wir dürfen es vielmehr mit aller Bestimmtheit behaupten, daß ohne ihre Gegenwart sich keine Pflanze entwickeln, keine Frucht gedeihen würde. Die richtige Erkenntniß der hohen Bedeutung eben dieser Bestandtheile für das Leben der Pflanze hat wesentlich beigetragen zu den bedeutenden Fortschritten, welche die Agriculturchemie in dem letzten Jahrzehend erfahren hat.

Wir lernten oben noch andere und zwar organische Bestandtheile des Bodens kennen. Haben auch sie eine Bedeutung für die Entwick-

---

*) Compt. rend. XXXIX. p. 601. — Erdmann's Journal für prakt. Chemie Bd. 63. S. 418.

lung der Pflanze, sind sie vielleicht sogar von hervorragender Wichtigkeit für dieselbe? Es ist die Frage noch nicht ganz geschlichtet, ob die Humussäuren als solche in die Pflanze übergehen und auch als solche zur Ernährung derselben verwendet werden, oder ob sie, wie Liebig meint, erst sämmtlich im Boden zu Kohlensäure und Wasser zerfallen und nur in dieser Form der Pflanze als Nahrungsmittel dienen. Doch wie dem auch sei, eine sehr hervorragende Rolle spielen sie wahrscheinlich nicht; Tausende von Pflanzen entwickeln sich auch ohne Humussäuren, auf einem Boden, der keine verwesende Pflanzentheile, wenigstens in keiner irgend erheblichen Menge enthält; und ob sie selbst da, wo sie vorhanden sind, die Entwicklung der Pflanze zu fördern vermögen, in keiner Weise entkräftet ihr Vorhandensein den Satz, daß die neue Pflanze ihre Organe, ihre Blätter, Blüthen und Früchte im Wesentlichen nur aus den unorganischen Verbindungen der Luft und des Erdbodens bildet und daß dieselben nicht schon außerhalb des pflanzlichen Organismus zu organischen Verbindungen zusammentreten, ein Satz, der ebenfalls durch Boussingault's treffliche Untersuchungen schlagend erwiesen ist.

Wohl mag es Manchem wunderbar erscheinen, daß sich aus den zum Theil unsichtbaren Bestandtheilen der Luft und aus den so gering geachteten, aber auch so wenig in ihrem wahren Werthe erkannten unorganischen Bestandtheilen des Erdbodens der prachtvolle Baum mit all seinem Schmuck hervorbilden soll. Aber dennoch, „die Pflanzen sind," wie es A. v. Humboldt so schön in seinen „Ansichten der Natur" ausdrückt, „bemüht, den rohen Stoff der Erde organisch aneinanderzureihen und vorbereitend, durch lebendige Kraft, zu mischen, was nach tausend Umwandlungen zur regsamen Nervenfaser veredelt wird." Die Versuche Boussingault's, Liebig's, Lassaigne's u. A. haben uns den untrüglichsten Beweis geliefert, daß wir, je nachdem wir der Pflanze, die in dem Erdboden und der Luft enthaltenen Verbindungen in künstlich vermehrter oder verringerter Quantität zuführen, sofort das Wachsthum der Pflanze zu ändern vermögen. Je nachdem wir die Zufuhr von Kohlensäure und Ammoniak, von schwefelsauren, phosphorsauren und andern Salzen erhöhen, um so kräftiger ist das Gedeihen der Saat. Können wir da noch über den Weg in Zweifel sein, wel-

chen die Elementarstoffe verfolgen? Ueber die Bedeutung, welche sie im Allgemeinen für die Pflanze besitzen? Abhängig von dem Reichthum des Bodens an den für jede Pflanze bestimmten Nahrungsmitteln ist das Gedeihen der Saaten heutigen Tages in gewisser Beziehung in hohem Grade in die Hand des Landwirthes gelegt; von seinem agriculturchemischen und naturwissenschaftlichen Verständniß überhaupt werden zum großen Theil die Resultate abhängig sein, welche er auf seinen Feldern erzielt. Der Fortschritt in der Erkenntniß des Kreislaufs des Stoffs und der Bedeutung des letztern hat ihn gelehrt, ein hervorragend wichtiges Verhältniß zu beherrschen, und giebt er dem Boden, was er ihm im einzelnen Falle geben muß, so darf er auch seines Erfolges gewiß sein. — Zwar wissen wir heutigen Tages noch nicht, welches denn jene „lebendige Kraft“ ist, die den Zusammentritt der unorganischen Verbindungen zu organischen bedingt, worauf die hohe Bedeutung der mineralischen Bestandtheile des Erdbodens für die Herstellung der letztern im einzelnen Falle beruht, welche Naturkräfte die Bildungsvorgänge im Pflanzenreich regeln. Licht und Wärme, Electricität und Wahlverwandtschaft der Elementarstoffe, Schwerkraft und jene Vorgänge, welche wir unter dem Namen der En- und Exosmose *) zusammenfassen, sie alle kommen hier ohne Frage ins Spiel. Allein es ist das erst eine zweite Frage und sie beeinträchtigt nicht die Wahrheit der Erkenntniß, welche wir über diese Curve des Kreislaufs des Stoffes erlangt haben.

Keineswegs treten nun aber die Bestandtheile der Luft, welche wir als Nahrungsmittel der Pflanze bezeichneten, ganz unmittelbar in derselben zu den verschiedenen organischen Verbindungen zusammen. Sie mischen sich nicht sofort in verschiedener Weise, um hier die Oxalsäure, die Wein- oder Aepfelsäure, dort das Gummi, Stärkmehl und Zucker, dort den Kleber u. s. w. zu bilden. Genaue Untersuchungen der Pflanzen und Früchte zu verschiedenen Perioden der Reife haben uns darüber auf das Bestimmteste Aufschluß gegeben. Wir müssen es einem spätern Vortrage vorbehalten darzuthun, daß zunächst aus dem Zusammentritte jener unorganischen Bestandtheile sehr wahrscheinlich nur eine gewisse Reihe organischer

*) S. unten (8ter Vortrag).

Verbindungen hervorgeht, daß sich aus dieser durch allmählige Metamorphosen immer andere und wieder andere Verbindungen hervorbilden, bis endlich der Zustand der Reife erreicht ist. Aber einer, all diese Vorgänge begleitenden Erscheinung müssen wir schon hier gedenken. Während die Pflanze die oft erwähnten Verbindungen aus Luft und Erde aufnimmt, giebt sie auch einige derselben oder Elementarbestandtheile derselben wieder ab; sie nimmt, wie Boussingault erwies, Kohlensäure vorzugsweise durch ihre Blätter *) und Wasser durch ihre Wurzeln auf; aber während sie den Kohlenstoff und den Wasserstoff dieser Verbindungen zum größten Theil zurückhält, fixirt sie von dem Sauerstoff derselben nur einen geringern Theil; einen größern giebt sie der Luft wieder zurück, sie tauscht, wie man sagt, die Kohlensäure der Luft gegen Sauerstoff ein. Es werden in dieser Weise die Pflanzen wahre Purificatoren der uns umgebenden Luft, denn in einer Luft, welche immer reicher und reicher würde an Kohlensäure, wie es alle Verbrennungsprocesse bedingen müßten, wäre das Athmen der Thiere bald unmöglich. Und ob dies Verhältniß auch nur bei Tage, unter Einfluß des Sonnenlichtes besteht, ob sich der Proceß zur Nachtzeit auch geradezu in der Weise umkehrt, daß die Pflanze Kohlensäure aushaucht und Sauerstoff aufnimmt, ob endlich auch alle nicht grünen Theile der Pflanze, wie die Rinde des Stammes und die Wurzel, wie die Früchte und Staubfäden, selbst bei Tage Kohlensäure exhaliren und Sauerstoff aufnehmen, die Sauerstoffexhalation der Pflanze ist und bleibt dennoch unter allen Umständen eine der hervorragendsten Erscheinungen des Pflanzenlebens; die Abgabe von Kohlensäure und Aufnahme von Sauerstoff spielen ihr gegenüber, wenn nicht eine unwichtige, doch nur eine untergeordnete Rolle. — Von andern aufgenommenen Stoffen giebt die Pflanze fast nur noch Wasser wieder ab. Es verdunstet dasselbe beständig von den Blättern aus, und nicht unwesentlich ist dieses Verhältniß für die Zeichnung des Kreislaufs des

*) Boussingault (Economie rurale I. 66.) trieb durch einen Ballon, in welchem ein mit 20 Blättern versehener Zweig einer Weinrebe eingeschlossen war, während die Sonne den Apparat beschien, in der Stunde 15 Litres atmosphärische Luft, welche 0,0004—0,00045 Kohlensäure enthielt; nach dem Austritt der Luft aus dem Ballon war die Kohlensäure auf 0,0001—0,0002 vermindert. —

Stoffes. Ein großer Theil Wasser verbleibt aber auch als solches der Pflanze, um später von hieraus, d. h. mit ihr selbst, seinen Weg fortzusetzen. —

Es nimmt also, um es kurz zu wiederholen, die Pflanze Kohlensäure, Ammoniak und Wasser aus der Luft und dem Erdboden und eine gewisse Menge andrer unorganischer Verbindungen, die sog. Mineralbestandtheile, aus dem letztern auf; während der tausendfältigen Mischung dieser sämmtlichen Verbindungen aber, während der Bildung zusammengesetzter organischer Stoffe aus ihnen, giebt sie insonderheit einen Elementarstoff, den Sauerstoff, zum Theil der Luft zurück; alle übrigen hält sie in untrennbarer Verbindung fest. So geht sie unter dem Einfluß des Lichtes und der Wärme, durch eine lange Reihe von Metamorphosen hindurch, der Fruchtbildung und Reife entgegen. Welche weitere Bahnen verfolgen die Elementarstoffe nach dem Eintritte dieser?

Ein Theil der Pflanze verbleibt unmittelbar dem Erdboden, auf dem dieselbe entstand. Der Baum verliert seine Blätter, die Feldfrüchte lassen zum größten Theil ihre Wurzeln und selbst Theile des Stammes dem Boden zurück. Sie sind bestimmt den eben vollendeten kleinen Kreislauf von Neuem zu beginnen. Sie verwesen, sie zerfallen zu Ammoniak, Kohlensäure und Humussäuren und einschließlich der unorganischen Bodenbestandtheile (Mineralstoffe) die sie enthalten, helfen sie die Dammerde oder den Humus bilden, um der nächstjährigen Generation von Neuem als Nahrungsmittel zu dienen. Ein andrer Theil aber kehrt nicht zu dem Boden zurück, der ihn hervorbrachte. Die Früchte der Pflanzen, so wie ein Theil des Laubes, der Wurzeln u. s. w. werden zum größten Theil von uns hinweggenommen, um Thieren und Menschen als Nahrungsmittel zu dienen; sie haben noch einen weitern Kreisabschnitt zu durchlaufen, bevor sie in die großen Vorrathskammern der Natur, aus denen sie ursprünglich stammten, zurückgelangen. Was ursprünglich Bestandtheil der atmosphärischen Luft, was Bestandtheil der nackten Erdoberfläche war, das soll, zu neuen Verbindungen und Formen gemischt, den Thierkörper zusammensetzen und ihm zur Nahrung dienen. Kann dieser aus andern Bestandtheilen bestehen, als aus denjenigen, die die Pflanze zu bilden bestimmt waren? Nimmt er irgend andere Substanzen als solche auf, die im letzten Gliede von der Pflanze geliefert wurden, ausgenommen etwa

das Wasser, das aber der Pflanze in eben der Weise zukam, wie dem thierischen Organismus, oder das Kochsalz, welches allerdings nur in geringer Menge in der Pflanze sich findet? Derselbe Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff, dieselben mineralischen Bestandtheile des Erdbodens, die schwefelsauren, phosphorsauren, kohlensauren und kieselsauren Salze, welche die Pflanze bildeten, sie haben die Bestimmung den thierischen Körper aufzubauen. Nur abermals in neuer Form, herbeigeführt durch neue Metamorphosen, erscheint uns der Stoff; und wo wir neben den Producten des Pflanzenreichs auch Producte des Thierreichs als Nahrung verwenden, da führen wir nicht etwa einen neuen Stoff, wir führen vielmehr denselben Stoff ein, der die Pflanze einst bildete, denselben Stoff, nur in neuer Form und Verbindung. Aber ein neues Loos erwartet ihn hier. Während ein Theil der Nahrungsmittel, welche wir dem Thierkörper einverleiben, bestimmt ist, die Organe desselben zu bilden und vielleicht ständig ein integrirender Theil des lebenden Organismus zu bleiben, während dieser Theil erst nach dem Tode des Thieres in das Reich der unorganisirten Körper, zerfallen in seine Elementarbestandtheile, zurückkehrt, durchkreist ein andrer den Thierkörper rasch und nur, um ihn bald wieder, nach Erfüllung seiner Aufgabe als Erhaltungsmittel, zu verlassen. Was die Pflanze, tausendfältig mischend, aneinanderfügte, ist der Thierkörper bestimmt, wieder zu trennen, in einfachere Verbindungen zu zerlegen, und was wir in einer Form genossen, tritt in andrer Form, dem Stoffe nach aber nicht verschieden, aus dem Thierkörper wieder hinaus. Das Fleisch, das Brod, die Früchte, die wir genießen, sie entstehen aus der Kohlensäure, dem Ammoniak und dem Wasser der Luft, aus den unorganischen (mineralischen) Bestandtheilen des Erdbodens. Als Kohlensäure, als Wasser, als Ammoniak, als dieselben mineralischen Bestandtheile, die der Erdboden lieferte, oder in einem nur losen, bald ebenfalls zu Kohlensäure und Ammoniak zerfallenden, stickstoffhaltigen Verbande, als Harnstoff und Gallenbestandtheil, treten sie aus dem thierischen Organismus hinaus; sie mischen sich der Luft oder dem Erdboden, von dem sie stammten, wieder bei, der Kreislauf ist vollendet, und, nimmer ruhend, beginnt der Stoff denselben sofort von Neuem.

Und war in diesem Kreisen irgend einer jener Bestandtheile, welche

die Pflanze lieferte, dem Organismus nutzlos? Durchlief er denselben nur als zufälliger Begleiter dieser oder jener Verbindung? — Hat die Landwirthschaft aus der richtigen Erkenntniß vom Kreislauf des Stoffes und von der Bedeutung der einzelnen Elementarstoffe und Elementar-Verbindungen einen unschätzbaren Nutzen gezogen, so hat die gleiche Erkenntniß die der Landwirthschaft in vieler Beziehung so nahe verwandte Diätetik unendlich gefördert. — Keiner all jener Stoffe, die mit der Frucht oder dem Kraute der Pflanze dem Thierleibe übergeben werden, ist nutz- oder bedeutungslos; jeder hat eine gleiche Dignität. Ohne die in der Pflanze aus Kohlensäure, Ammoniak und Wasser entstandenen organischen Verbindungen würde der thierische Organismus nimmer seine organischen, stickstoffhaltigen und stickstofffreien, Verbindungen herzustellen im Stande sein; und wie die unorganischen Bestandtheile des Erdbodens die unumgänglich nothwendigen Vermittler der Herstellung jener organischen Verbindungen des Pflanzenreichs, wie sie die unumgänglich erforderlichen Gerüstbildner des pflanzlichen Organismus selbst waren, so sind sie auch für den thierischen Körper die Gerüstbildner und die Vermittler der mannigfachen Metamorphosen der organischen Verbindungen. Sorgt der Landmann nicht dafür, daß seine Saat in dem Boden die erforderliche Menge von mineralischen Verbindungen vorfindet, sorgt er nicht dafür, daß die sie umgebende Luft die nothwendige Menge unorganischer Verbindungen (Kohlensäure und Ammoniak) enthält, so wird seine Frucht nicht gedeihen; und findet der thierische Organismus in der Nahrung nicht die erforderliche Menge stickstoffhaltiger und stickstofffreier Verbindungen, nicht die erforderliche Quantität mineralischer Bestandtheile, so wird er ebenfalls nicht zu einem gesundheitsgemäßen und leistungsfähigen Zustande gelangen. Diese Erkenntniß giebt der Diaetetik eine hervorragende Bedeutung und erhebt sie auf die erste Stufe in der Reihe derjenigen Gegenstände, deren Kenntniß für die glückliche Heranbildung und Erhaltung des menschlichen Organismus eine unerläßliche Nothwendigkeit ist.

Die compleren organischen Verbindungen, die wir mit den Früchten des Feldes dem Thierleibe zuführen, zerfallen also in demselben wieder in ihre elementaren Bestandtheile. Es geschieht dies durch eine Reihe von Metamorphosen in ähnlicher aber umgekehrter Reihenfolge,

wie sie das Entstehen jener Verbindungen in der Pflanze bedingten. Auch hier übersehen wir noch nicht jedes Glied der Metamorphosen selbst; außer der sicheren Erkenntniß der Anfangs- und Endglieder sind uns nur erst einige Mittelglieder der Reihe mit Bestimmtheit bekannt. Allein im Allgemeinen ist uns das Wesen des Vorganges klar, und die Bahnen, in denen der Stoff hier kreist, sind nicht mehr zweifelhaft. Verfolgen wir denn in unserm allgemeinen Bilde in aller Kürze den Stoff auf dieser seiner Bahn und suchen uns klar zu werden über seinen Zerfall und die Wege, auf denen er im höher entwickelten Organismus des Wirbelthieres zu seinen ursprünglichen Quellen zurückgelangt.

Schon in dem Augenblick, wo er in der Form der Nahrungsmittel vom Munde des Thieres aufgenommen wird, beginnt die Reihe seiner Metamorphosen. Es werden die Nahrungsmittel zunächst mit Hülfe der Kauapparate zerkleinert, gemeiniglich durch Beimischung einer von bestimmten Nebenorganen der Mundhöhle abgesonderten Flüssigkeit zum Verschlingen tauglich gemacht und, wo sich eine Speichelabsonderung findet, sofort auch einer chemischen Veränderung unterworfen, indem der Speichel eben die Eigenschaft besitzt, das Stärkemehl der Nahrungsmittel in Traubenzucker umzuwandeln (s. Vortrag I. pag. 45). In dem Magen angelangt, unterliegen sie weitern Veränderungen. Mit Hülfe des ein eigenthümliches Ferment und Salzsäure enthaltenden Magensaftes, mit Hülfe der muskulösen Magenwandungen werden sie in den sog. Chymus oder Speisebrei verwandelt. Das Pflanzeneiweiß, der Kleber nimmt eine dem Eiweiß des Blutes sehr ähnliche Beschaffenheit an, es wird aufgelöst; die stickstofffreien Verbindungen andrerseits, das Stärkmehl, Zucker, Gummi u. s. w. werden zum Theil in eine Säure, die sog. Milchsäure (ganz dieselbe Säure, welche sich bei der Gerinnung der Milch bildet), verwandelt. Sobald die Thätigkeit des Magens beendet ist, dringt der Speisebrei weiter vor in den Darmkanal; die Absonderungssäfte der Leber, der Bauchspeicheldrüse und der Darmdrüsen (Galle, Bauchspeichel und Darmsaft) fließen ihm zu; die gleichen Metamorphosen, welche im Magen Statt hatten, werden hier einmal noch weiter fortgeführt, sie dehnen sich auf alle diejenigen Bestandtheile der Nahrung aus, welche die Metamorphose im Magen noch

nicht erfuhren; es finden andrerseits neue Metamorphosen, neue Verbindungen, neue physikalische Veränderungen Statt. Gleichzeitig aber tritt auch der allmählig zu dem sog. Chylus veränderte Speisebrei in Berührung mit Tausenden kleiner Zotten oder Wärzchen oder mit jenen, von feinsten, für Flüssigkeiten durchdringbaren Wänden umgebenen Blutgefäßchen, die wir die Capillaren nennen, und diese auf der Schleimhaut des Darmkanals aufsitzend oder in ihr gebettet, saugen, den Wurzelfasern der Pflanze vergleichbar, Alles aus dem Nahrungssafte auf, was als Nahrungsstoff verwandt werden kann. Von den kleinen, mit dem unbewaffneten Auge kaum wahrnehmbaren Zotten aus laufen sodann feine Kanäle, die sog. Chylusgefäße, von fast allen Theilchen des Darmkanals gegen die Wirbelsäule zu; sie führen den Chylus fort, und, indem sie sich alle schließlich zu einem gemeinschaftlichen Kanale, dem sog. Milchbrustgang (Ductus thoracicus) vereinen, ist dieser es, welcher aufsteigend vor der Wirbelsäule, den immer weiter veränderten Chylus dem Blute, und zwar in der Gegend des Schlüsselbeins, zuführt und überliefert. Der Chylus selbst bildet in diesen Kanälen eine rahmartige, weißlich-gelbliche Flüssigkeit, die vor Allem eiweißartige Verbindungen, Fett und die unorganischen Bestandtheile der Nahrungsmittel enthält, und in welcher sich, wie wir später noch ausführlicher hören werden, die sog. Chyluskörperchen, kleine microscopische Zellen, aus deren weiterer Umwandlung die Blutkörperchen hervorgehen, entwickeln.

Dem Blute in so veränderter Form beigemischt, werden die Nahrungsmittel zunächst dem Herzen und von dort aus den Lungen zugeführt, unterliegen hier der Einwirkung des durch die letztern beim Einathmen aufgenommenen Sauerstoffes, kehren mit dem Blute, und in der That jetzt Blut geworden, in das Herz zurück und werden von da aus endlich durch die Schlagadern weiter in die äußersten Theile des Körpers hinein verbreitet.

Das Blut, der Träger alles Bildungsmateriales des Körpers, besteht seinen Hauptbestandtheilen nach aus Wasser, Eiweiß, rothgefärbten Blutkörperchen oder Blutzellen und unorganischen Bestandtheilen. Enthält aber einer dieser Bestandtheile neue und andre Elementarstoffe als die Pflanze? Das Bluteiweiß hat eine durchaus ähnliche Zusammensetzung wie das Pflanzeneiweiß; die Blutzellen enthalten neben stickstoff-

haltigen und stickstofffreien Verbindungen insonderheit Eisen, und diesen Eisengehalt liefert die Pflanze, in der er nach neuern Untersuchungen namentlich den grünen Farbstoff begleitet, ebensowohl, wie jene organischen Verbindungen; die unorganischen Bestandtheile des Blutes endlich sind ebenfalls ganz dieselben, wie diejenigen der Pflanze, ausgenommen vielleicht das Kochsalz, welches wir, der menschlichen Nahrung wenigstens, besonders und in nicht unbedeutender Menge zusetzen. Und nicht anders mit denjenigen Bestandtheilen, die wir zur Zeit immer nur in geringen Mengen im Blute aufzufinden vermögen, mit dem Faserstoff, dem Fett, dem Zucker, den organischen Säuren u. s. w.; sie alle stammen direct aus der Pflanze her oder gehen aus der Metamorphose gewisser Pflanzenbestandtheile im Thierkörper hervor. — So zusammengesetzt giebt das Blut dann aber weiter den Nahrungs- und Bildungsstoff aller Körperbestandtheile her; die Muskeln, die Haut, die Knochen, die Nerven, sie alle finden in dem Blute ihre Bildungsquelle. Nach bestimmten Gesetzen treten die einzelnen Stoffe durch die überall geschlossenen Wandungen der Blutgefäße hindurch, es gehen aus ihnen außerhalb der Blutgefäße in schon vorhandenen Zellen oder durch Theilung derselben neue Zellen hervor; die Ernährungsflüssigkeit, welche die Zellen tränkt, wird von ihnen zusammengesetzt. Doch auch hier sollen sie nicht lange in der anfänglichen Form und Mischung verweilen. Der Sauerstoff, welchen das Blut in den Lungen aufnahm, übt ständig eine Einwirkung auf alle Körperbestandtheile, mit denen er in Berührung kommt, aus; er geht mit ihnen in- und außerhalb der Blutgefäße Verbindungen ein, er bedingt mannigfache Metamorphosen derselben und wird damit die Hauptursache des endlichen Zerfalls und der Auflösung derselben in einfachere, zur Ausscheidung aus dem Körper bestimmte Verbindungen. In Verbindung mit dem Kohlenstoff insonderheit der stickstofffreien Verbindungen bildet er Kohlensäure, in Verbindung mit dem Wasserstoff Wasser. Beide, als solche in das Blutgefäßsystem zurückkehrend, werden schließlich durch Haut und Lungen ausgeschieden, und, umgekehrt also wie die Pflanze unter dem Einfluß des Sonnenlichts, giebt der thierische Organismus Kohlensäure ab, während er Sauerstoff aufnimmt. Ein anderer Theil der organischen, und zwar der stickstoffhaltigen Verbindungen unterliegt andern Veränderungen.

Sie bilden schließlich Bestandtheile der Galle und des Harns. In dem lockern, stickstoffhaltigen Verbande des Taurins und Glycocolls, die wir als Gallenbestandtheile kennen, und vorzugsweise in dem des Harnstoffs und der Harnsäure verlassen sie den Organismus. Aber, kaum aus demselben hinausgetreten, zerfallen auch diese schon in die elementaren unorganischen Verbindungen, in Kohlensäure und Ammoniak, die als solche wieder in die Luft oder den Erdboden zurückkehren. Und die unorganischen Bestandtheile der Nahrungsmittel? Verbleiben sie etwa dem Organismus? Zum Theil allerdings ebensowohl, wie die organischen, denn beider bedarf der Thierkörper, um sich überhaupt zu bilden. Aber ein großer Theil derselben, ja im erwachsenen Thierkörper wohl der ganze Gehalt der Nahrungsmittel an ihnen, tritt in Gesellschaft der stickstoffhaltigen Verbindungen als nicht weiter für die thierische Oeconomie verwendbar durch Darmkanal und Nieren, eben so wie ein großer Theil des genossenen Wassers, aus dem Organismus hinaus.

Mit der nähern Betrachtung dieser Vorgänge, die wir unter dem einen Ausdruck des „thierischen Stoffwechsels" zusammenfassen, werden wir uns später beschäftigen. Hier galt es nur im Allgemeinen den Weg anzudeuten, welchen der Stoff bei seinem Durchgange durch den Organismus verfolgt; es galt die Metamorphosen zu bezeichnen, welche er in demselben erfährt. Wir halten es als das Hauptresultat derselben fest, daß, unter Aufnahme des Sauerstoffs aus der atmosphärischen Luft, alle stickstofffreien Bestandtheile der Nahrungsmittel, also alles Stärkemehl, aller Zucker, alles Fett u. s. w. in Kohlensäure und Wasser zerfallen, der größte Theil der stickstoffhaltigen Verbindungen aber, also des Pflanzenklebers, des Eiweißes u. s. w. den Organismus als Harnstoff und Harnsäure oder als Gallenbestandtheil verläßt. Durch Nieren oder Darmkanal werden daneben, in Gemeinschaft mit letztern, die unorganischen Bestandtheile und ein großer Theil des Wassers wieder entfernt. Sie bilden mit den stickstoffhaltigen, bald zu Kohlensäure und Ammoniak zerfallenden Auswurfsstoffen den Dünger unserer Felder, während die durch Haut und Lunge ausgeschiedenen Mengen von Kohlensäure und Wasser in die Atmosphäre, aus der sie stammten, zurückkehren. — Und wie die Pflanze selbst, aus ihrem Verbande mit der

mütterlichen Erde gelöst, des Lebens beraubt, verwesend in Kohlensäure, Ammoniak, Wasser und mineralische Bestandtheile zerfällt, eben so nach seinem Tode der thierische Organismus. Die ganze Masse organisirten Stoffes, die die Millionen von Thierleibern zusammensetzte, zerfällt nach dem Tode derselben zu Ammoniak, Kohlensäure und Wasser; sie wird wieder Bestandtheil der Luft oder des fruchtbaren Erdbodens. Nur ein Theil derselben, die mineralischen Verbindungen, die Asche, sie beginnen nicht sämmtlich ihren einmal vollendeten Kreislauf von Neuem. Die Tausende von Knochengerüsten, die auf unsern Kirchhöfen begraben liegen, sind dem allgemeinen Kreislauf entzogen; der phosphorsaure Kalk, der sie bildet, kehrt ohne unsre Vermittlung nicht zu den fruchttragenden Feldern zurück, und kommen wir hier der Natur nicht künstlich zu Hülfe, sorgen wir nicht dafür, daß auch diese mineralischen Bestandtheile dem Boden wiedergegeben werden, auf dem wir neue Frucht erndten wollen, so muß im Laufe der Zeit eine unvermeidliche Verarmung des Bodens an diesen Bestandtheilen eintreten, eine Verarmung, wie sie bereits in vielen Ländern nachgewiesener Maaßen eingetreten ist.

Was wir hier in kurzen Worten dargelegt haben, das stellt sich uns unwillkürlich in einem Bilde dar, und nicht nutzlos mag es erscheinen, wenn wir ein solches, in einfachster Weise entworfen, unserer Betrachtung hinzufügen. — Beginnend mit den in schwarzen Linien verzeichneten Elementarstoffen oder elementaren Verbindungen, wie wir sie als Bestandtheile unserer Atmosphäre oder des Erdbodens kennen lernten, verfolgen wir dieselben zunächst in den pflanzlichen Organismus hinein. Zu Pflanzenbestandtheilen geworden, in grünes Kleid gehüllt, sehen wir sie von dort aus theils, und zwar als verwesende Pflanze, zur Erde zurückkehren, theils aber als nährende Frucht übertreten in den thierischen vom (rothen) Blute durchkreisten Organismus. Hier, in Blut und Fleisch verwandelt, unterliegen sie der Einwirkung des in der Luft enthaltenen und ständig von der Pflanze regenerirten Sauerstoffs. Was Bestandtheil des Blutes und des Fleisches war, kehrt endlich theils in die Atmosphäre zurück, theils in den Erdboden, um einlenkend alsbald in die einmal vollendete Bahn, sich mischend mit den schon aus der verwesenden Pflanze hervorgegangenen oder den noch vorhandenen, ur-

sprünglichen Bestandtheilen der Luft und der Erde, den Kreislauf von Neuem zu beginnen.

Die Skizze kann selbstverständlich nur ein sehr allgemeines Bild geben, aber sie wird dennoch zum klaren Verständniß des Kreislaufs des Stoffes beitragen. Nur wenige Worte noch zu ihrer Erklärung. — Der Sauerstoff, von Anbeginn an ein Elementarbestandtheil der Luft, tritt als solcher und direct in die Pflanze sowohl, als das Thier ein. Aber seiner Aufnahme von Seiten des Thieres gegenüber, ist diejenige von Seiten der Pflanze eine nur sehr beschränkte; sie findet fast nur zur Nachtzeit Statt und gerade das Umgekehrte, die bei Tag stattfindende Exhalation von Sauerstoff bezeichneten wir ja als eine Hauptfunction der Pflanze. Wir lassen deshalb in unserer Skizze den Sauerstoff direct auch nur in den thierischen und nicht in den pflanzlichen Organismus eintreten; das Wesentlichste ist damit bezeichnet und einem Mißverständniß wird durch diese Bemerkung vorgebeugt sein. Der Stickstoff, ein zweiter ursprünglicher Elementarbestandtheil der Luft, wird gar nicht als solcher oder direct weder von der Pflanze, noch von dem Thiere aufgenommen. Dagegen verbindet er sich wahrscheinlich stets und unmittelbar mit dem bei der Verwesung der Pflanze freiwerdenden Wasserstoff zu Ammoniak und ist insofern von großer Bedeutung für die Ernährung der Pflanze. Wir haben deshalb den Stickstoff der Luft in unserer Skizze direct dem Wasserstoff der verwesenden Pflanze zugeführt und lassen dann beide, zu Ammoniak verbunden, in die Bahn des anderweitig entstandenen Ammoniak eintreten. — Die Kohlensäure zu dritt, sonder Zweifel seit dem ersten Erscheinen der Organismen auf der Erde ebenfalls in der Luft enthalten, tritt als solche nicht direct in den Thierkörper ein, wohl aber in die Pflanze. Ein Theil derselben verliert hier sehr wahrscheinlich seinen Sauerstoff; dieser Sauerstoff entweicht in die Luft, während der Kohlenstoff in organischer Verbindung zurückbleibt. Einen andern Theil können wir uns dagegen als Kohlensäure fortbestehend und weitergehend denken, denn der Sauerstoffgehalt der stickstofffreien und stickstoffhaltigen Verbindungen der Pflanze und weiterhin des Thieres war ursprünglich sicher zum großen Theil mit dem Kohlenstoff zu Kohlensäure verbunden und gelangte in dieser Form in die Pflanze hinein. Wir zeichnen uns aus diesem Grunde

die Kohlensäure als in einer continuirlichen Curve fortlaufend, verbinden derselben aber zugleich den Kohlenstoff der verwesenden Pflanze einer- und der Nahrungsmittel des Thieres andrerseits, denselben Kohlenstoff, welcher in der Pflanze seinen Sauerstoff verlor, sich aber theils in der Erde, theils im thierischen Organismus wieder mit dem Sauerstoff der Luft verbindet, um beider Orten zur Reproduction der von der Pflanze wieder aufzunehmenden Kohlensäure beizutragen. — Das Ammoniak weiter, welches mindestens eben so lange in der Luft enthalten ist, als Pflanzen und Thiere verwesen, tritt als solches ebenfalls direct nur in die Pflanze und nicht in das Thier ein. Wir wissen aber noch nicht, ob, wie und wo es in jener etwa in Stickstoff und Wasser, seine Elementarbestandtheile, zerfällt, ob nur sein Stickstoff- oder auch sein Wasserstoffgehalt als integrirender Bestandtheil in die organischen Verbindungen eintritt. Wir haben es deshalb in unserer Skizze vorläufig überall als Ammoniak auch seinen Weg fortsetzen lassen. — Das Wasser endlich, von Anbeginn an in Dunstform in der Luft enthalten, ständig derselben durch Verdunstung wiedergegeben und von ihr aus in der Form des Regens niederfallend, um Quellen, Bäche und Flüsse zu bilden, geht als solches und direct in den pflanzlichen sowohl, als thierischen Organismus über. Während aber ein Theil desselben unverändert den pflanzlichen Organismus sowohl, als den thierischen verläßt, während wir diesen Theil beiderseits eine continuirliche Bahn beschreiben sehen, erleidet ein andrer Theil in der Pflanze sonder Zweifel eine Zersetzung. Sein Sauerstoff entweicht in die Luft, sein Wasserstoff verbleibt als solcher den stickstoffhaltigen und stickstofffreien organischen Verbindungen; und diesen Wasserstoff finden wir einerseits in der verwesenden Pflanze wieder, wir finden ihn andrerseits in den stickstoffhaltigen Auswurfsstoffen des thierischen Organismus, oder deren weitern Zersetzungsproducten. Diese nur haben wir in unserer Skizze statt jener selbst verzeichnet.*) Hier

---

*) Um die Zeichnung des Kreislaufes des Stoffes nicht zu complicirt zu machen, habe ich den zum größten Theil verdunstenden Wassergehalt der thierischen Excreta, so wie das sich aus dem Wasserstoff- und Stickstoffgehalt derselben hervorbildende Ammoniak als aus dem Erdboden zu-

wie dort dient aber der Wasserstoff schließlich zur Ammoniakbildung; der Sauerstoff, mit dem er ursprünglich verbunden war, entwich schon von der Pflanze aus in die Luft und wurde ein elementarer Bestandtheil derselben. — Ueber die mineralischen Bestandtheile des Erdbodens und deren Kreislauf haben wir nichts Besonderes hinzuzufügen; die Bahnen derselben sind einfach und leicht verständlich. Nur das Natron und die Chlorwasserstoffsäure lassen wir auch direct in den thierischen Organismus eintreten, da sie in der That in der Form des Kochsalzes demselben in großer Quantität und ohne vorher Bestandtheil der Pflanze gewesen zu sein einverleibt werden. Wenn wir aber die Bahn des direct vom thierischen Organismus aufgenommenen Wassers in der Art zeichneten, daß sie alle Bahnen der unterirdisch kreisenden Stoffe schneidet, so mag damit zugleich angedeutet sein, daß sich ihm auf diesem seinem Wege, den es thatsächlich um Quellen und Bäche zu bilden durchläuft, gewisse Bruchtheile von allen jenen Stoffen beimischen, und daß es also auch in gewisser Weise eine directe Zufuhr dieser Stoffe für das Thier bedingt. Daß diese mineralischen Bestandtheile unseres Trinkwassers, trotz ihrer verhältnißmäßig geringen Menge, in der That sogar für die Ernährung des Thierkörpers von Bedeutung, d. h. zu Bestandtheilen desselben werden können, ist durch Versuche von Boussingault in unzweifelhafter Weise dargethan. *)

Wir wiesen oben schon darauf hin, wie wichtig die praktischen Consequenzen sind, welche sich aus einer richtigen Auffassung des Kreis-

---

nächst in die Luft übergehend dargestellt, wiewohl immerhin ein Theil derselben aus dem Erdboden, dem die Excreta als Dünger zugeführt wurden, direct in die Pflanze übergeht. Ebenso wurde der Wassergehalt der verwesenden Pflanze als verdunstend und sich zunächst dem Wassergehalt der Atmosphäre beimischend verzeichnet; den mit dem Stickstoff der Luft sich zu Ammoniak verbindenden Wasserstoffgehalt der verwesenden Pflanze leitete ich dagegen in die Bahn des sich im Erdboden aus den stickstoffhaltigen Pflanzenresten entwickelnden Ammoniaks ein.

*) S. Liebig's und Wöhler's Annalen Bd. 59. Hft. 3. Ein Theil des Kalkes im Knochensystem junger Schweine hatte nach genauen Untersuchungen des dargereichten Futters seine Quelle in dem kalkhaltigen Trinkwasser. —

laufes des Stoffes ergeben. Unsere so eben entworfene Skizze kann nur dazu dienen, dieselben noch anschaulicher zu machen. Gleichwie ein jeder Haushalt, im Großen sowohl, wie im Kleinen, nur dann ein glückliches Gedeihen finden kann, wenn seine Ausgaben durch die Einnahmen vollständig gedeckt werden, ebenso können auch Ackerboden und thierischer Organismus nur dann fruchtbringend und leistungsfähig bleiben, wenn ihnen die jährlichen und täglichen Ausgaben auch jährlich und täglich in genügender Weise ersetzt werden. Ein Minus an Einnahmen führt dort, wie hier zur Armuth, zur kümmerlichen Existenz; aber ein Plus ist eben so wenig segensreich. Wie es hier nur zu leicht zu verweichlichendem Luxus, zur aufreibenden Schwelgerei Veranlassung giebt, so erzeugt es auch dort nur wucherndes Unkraut und Krankheit, oder wird im günstigsten Falle als todtes Capital zum Nachtheil von Andern dem Verkehr entzogen. Soll der Boden fruchtbar bleiben, so müssen ihm alljährlich auch diejenigen Stoffe wieder zufließen, welche ihm in der vorigjährigen Erndte entzogen wurden; fehlt nur einer derselben, bleibt nur eine unserer Bahnen leer, so wird das nächstjährige Gedeihen kein vollkommenes sein können. Und soll der thierische Organismus täglich zu neuer Arbeit, zu neuer Leistung fähig bleiben, so bedarf er in ganz gleicher Weise des täglichen Ersatzes all derjenigen Stoffe, die er im Verlaufe des verflossenen Tages verausgabte. Diese beiden Grundsätze können wir mit Recht als die obersten der Agriculturchemie und der Diätetik bezeichnen; sie sind so einfach und klar, daß man sich nur darüber wundern muß, daß eine so lange Zeit erforderlich war, bis sie zur Geltung gelangt sind, ja daß sie selbst heutigen Tages noch vieler Orten keinen Eingang gefunden haben.

Der Satz: „gebet dem Boden, was Ihr ihm genommen und ersetzet dem Organismus, was er verloren, wenn anders Ihr glückliches Gedeihen der Saaten und dauernde Arbeitskraft erwerben wollt," behält unter allen Umständen seine Richtigkeit. Aber es ist in jedem einzelnen Falle die Frage, was ist dem Boden genommen, was hat der Organismus verloren? Nicht jede Frucht entzieht dem Boden in gleicher Weise die sämmtlichen Bestandtheile; nicht jede Arbeit greift die sämmtlichen Organe des Körpers in gleicher Weise an. Die Praxis hat die Frage zum Theil schon längst beantwortet, die Theorie der

Praxis fängt aber erst heutigen Tages an in ein klareres Licht zu treten. Was die Landwirthe als Wechselwirthschaft bezeichnen, das ist eine Praxis, deren Theorie einfach die ist, daß die eine Pflanze dem Boden vorzugsweise die einen, eine andre Pflanze vorzugsweise andre Bestandtheile entzieht. Läßt man also diese Pflanzen im Anbau des mit allen nothwendigen Bodenbestandtheilen versehenen Feldes aufeinander folgen, so werden sie beide gedeihen können, ohne daß dem Felde inzwischen auch nur etwas gegeben zu werden braucht; was die zuerst angebaute Pflanze entzog, bedarf eben die zweite nicht; und was diese bedarf, hat die erstere nicht fortgenommen. Haben aber beide, oder selbst drei und vier verschiedene Früchte ihre Reife auf demselben Acker vollendet, so wird und muß eine Verarmung des Bodens eintreten, falls ihm nicht durch den Dünger u. s. w. all diejenigen Bestandtheile wieder überliefert werden, welche ihm in den zwei, drei oder vier Erndten genommen wurden. Liefen in der That die einzelnen Stoffe, die wir im obigen Bilde verzeichneten, sämmtlich ihre Bahnen in der Weise, wie wir sie darstellten und wie die Natur es fordert, kehrten sie alle und nach jeder Erndte zu dem Ackerboden und zu der Luft, deren Bestandtheile sie ursprünglich waren, in derselben Quantität zurück, in welcher sie ihnen durch die Erndte genommen wurden, so könnte niemals eine Verarmung des Bodens eintreten. Aber dem ist nicht so. Wie oben schon angedeutet, ein Theil der Bestandtheile der Pflanze, die als Nahrungsmittel dem thierischen Organismus einverleibt werden, kehrt in Folge unserer hergebrachten Sitten gar nicht zu den fruchttragenden Feldern zurück, einen andern Theil (die thierischen und menschlichen Excremente) führt man ihnen verschwenderischer oder besser nachlässiger Weise in gänzlich unbedachtsamer Art oder auch gar nicht wieder zu, bis die unausbleibliche Erfahrung schließlich einen dringenden Mahnruf erläßt. Muß denn in dieser Weise nicht eine Verarmung des Bodens an gewissen nothwendigsten Bestandtheilen entstehen? Kann man ohne Einnahme und ohne unerschöpflicher Capitalist zu sein, ständig die laufenden Ausgaben bestreiten? In unsern nationalökonomischen Verhältnissen wird in dieser Beziehung noch Vieles zu leisten sein, und es würde sicherlich ganz anders um die Fruchtbarkeit unserer Felder aussehen, wenn man mit ihnen eben so gut Rechnung führte, wie mit seinen

Creditoren und Debitoren, wenn man erst zu der Einsicht gelangte, daß die Stoffe, welche wir dem Felde in der Erndte entziehen, nur zum Theil in der Luft unerschöpfliche Quellen besitzen, zum großen Theil aber nicht vom Himmel regnen. Wenn wir Massen von thierischen und menschlichen Auswurfsstoffen unbenutzt verwerfen, so ist das eine Capitalverschwendung und es würde leicht zu berechnen sein, daß eine Stadt von 50,000 Einwohnern jährlich mindestens ein Capital von eben so vielen Thalern durch die mangelhafte Einsicht in den Haushalt der Natur verliert. Die Wechselwirthschaft, von der wir so eben sprachen, sagt Liebig noch kürzlich,*) ist bis dahin noch „ein Zwang für den Landwirth." Er ist bei der bisherigen Art und Weise des Ackerbaues genöthigt, mit den Saaten zu wechseln, und je nach Umständen der Localität, der Zeit u. s. w. kann ihm hierdurch ein beträchtlicher Schaden erstehen. Aber es bedarf kaum noch der besondern Erwähnung, daß auch dieser Zwang sein Ende gefunden haben muß, sobald der Landwirth in jedem einzelnen Falle nur berechnet, was er in der verflossenen Erndte dem Boden entzogen hat und solche Berechnung ist heutigen Tages keine Aufgabe von Bedeutung. Sorgt er dann dafür, daß der Boden zeitig genug all die ihm genommenen Bestandtheile in der Form eines Düngers zurückempfängt, — und es steht zu hoffen, daß Mittel und Wege gefunden werden, durch welche eine solche Zurückgabe auch von Seiten der Kostspieligkeit des Düngers keine Hindernisse mehr erfährt —, so wird er mit Sicherheit auch im nächsten Jahre dieselbe Frucht anbauen können, die er im verflossenen Jahre anbaute; die Natur zwingt nicht mehr ihn, er macht sich vielmehr die Natur unterwürfig. —

Und ganz ähnlich verhält es sich mit dem thierischen Organismus. Zwar wird hier stets eine Wechselwirthschaft erforderlich, ein Zwang nicht zu beseitigen sein; trotz aller auch noch so richtig gewählten Zufuhr an Nahrungsstoffen unterliegt das Nervensystem des Thieres nach einer gewissen Zeit der Thätigkeit allemal einer Erschlaffung, die sich nur in der gänzlichen Ruhe oder in dem richtig gewählten Wechsel der Beschäftigung restituirt. Dieses Verhältniß zu besiegen wird immer eine Unmöglichkeit bleiben; wir vermögen es nicht, die verwandte Kraft

---

S. Liebig's Grundsätze der Agriculturchemie. Braunschw. 1855. pag. 35.

direct und als solche dem Organismus oder dem Nervensystem wieder zuzuführen. In jeder andern Beziehung aber trifft die Theorie des Wiederersatzes auch hier zu. Dem Arbeiter, der täglich eine bestimmte Quantität stickstoffhaltiger, stickstofffreier und unorganischer Verbindungen verausgabt oder verbraucht, muß täglich auch dieselbe Quantität ersetzt werden; fehlt auch nur ein Bestandtheil der Nahrung, so wird die ganze Ernährung mangelhaft sein und die Unfähigkeit zu weitern Leistungen kann nicht ausbleiben. Noch manche Frage ist hier zu lösen. Was soll dem Tagelöhner, was dem Gelehrten, was dem in sitzender Stellung arbeitenden Handwerker vorzugsweise als Nahrungsmittel dienen? Verschiedenheiten in den erforderlichen Nahrungsmitteln sind hier eben so sehr erforderlich, wie bei einem Lande, das Roggen und bei einem Lande, das Rüben tragen soll. Doch es kommt darauf hier noch nicht an; es gilt uns nur, auch für den thierischen Organismus den Satz als unfehlbar richtig hinzustellen, daß ihm in seinen Nahrungsmitteln auch dasjenige stets zufließen muß, was ihm in Folge seiner Lebensverhältnisse u. s. w. entzogen wird, und darunter sind nicht nur etwa die organischen Verbindungen, die in der Pflanzen- oder thierischen Nahrung enthalten sind, zu verstehen, die Curven unseres Bildes haben vielmehr alle eine gleiche Stärke, und sicher werden ungestraft die mineralischen Bestandtheile, die ursprünglich dem Erdboden angehörten, auch in der Nahrung des Menschen und Thieres nicht fehlen dürfen, ja wir wissen es mit Bestimmtheit, daß, wenn sie fehlen, das Thier eben so wenig gedeiht, wie die Pflanze auf einem Boden, dem es an den gleichen Bestandtheilen mangelt.

Was die einzelne Pflanze, was das einzelne Thier oder der Mensch an Nahrungsmitteln bedarf, das hat die Agriculturchemie und die Diätetik näher zu untersuchen. Wir werden später noch darauf zurückkommen. Entspricht aber die Kraft dem Stoff, — und dieser Satz läßt sich unbedingt für den thierischen Organismus ebensowohl, wie für den Ackerboden als richtig erweisen —, so bedarf es keines Weitern, um darzuthun, von welch' weittragender Bedeutung die richtige Erkenntniß der Quantität und Qualität des Stoffes ist, welche das Maximum an Kraft hervorzubringen vermögen, von welch' hoher Wichtigkeit damit die Aufgaben der Agriculturchemie und der Diätetik sind.

Und zum Schluß noch eins. Bei dem Rückblick auf das eben verfolgte Bild denken wir noch einmal zurück an einzelne Punkte unseres 5ten Vortrages, denken an diejenigen, die in der Natur Nichts anerkennen wollen, als dasjenige, was wir mit unsern schwachen Augen oder Sinnen begreifen und wahrnehmen können. Aber wenn wir bewundernd die Bahnen betrachten, die im ewigen Kreislauf und in gesetzmäßig geregelter Weise der Stoff zurücklegt, wenn wir staunend der Harmonie der denselben regierenden und von ihm untrennbaren Kräfte gedenken, der Kräfte, die den Aufbau des pflanzlichen wie thierischen Organismus regeln, ist es uns dann erlaubt zu fragen: Wer dem Stoff zuerst diese seine Bahnen wies, wer die demselben zugehörigen oder ihn beherrschenden Kräfte zuerst so zusammentreffen hieß, daß jene wunderbaren Resultate aus ihm hervorgingen, welche uns die Erde täglich zu Millionen vorführt? Ich meine, es kann kein blindes Ungefähr sein, was diese Welt erschuf, und vergebens wird das Bemühen sein unter der Firma naturwissenschaftlicher Forschung den Gott aus der Welt hinauszudemonstriren, dessen Dasein, dessen unermeßliche Größe uns jedes Blatt des Baumes verräth. Unsere wachsende Erkenntniß von der Bedeutung des Stoffes und der von ihm untrennbaren Kräfte führt uns überall in der Natur auch zu der Erkenntniß unwandelbarer Gesetze. Aber ob auch diese Gesetze seit Millionen von Jahren bestehen, ob auch ihre glückliche Erkenntniß uns das erste und heutige Entstehen, Wachsen und Vergehen der Organismen zum großen Theil begreiflich macht, es thut das der mächtigen Gewalt keinen Abbruch, mit welcher sie uns eben selbst die Ueberzeugung aufdrängen, daß eine unsichtbare Macht sie dennoch einstmals gab, dieselbe Macht, welche in rastlosem Walten mit den gleichen Stoffen, Kräften und Gesetzen sich vielleicht eine noch ganz andre Welt zu erschaffen beabsichtigt, als diejenige, deren nur ephemere Zeugen wir sind. —

Nur zum Schluß noch eins. Wer dem Rückblick auf das eben verfolgte Bild denken wir noch einmal zurück an einzelne Punkte unseres [illegible]ten Vortrages, denken an Kleinigkeiten; die ist der Natur Nichts unter-[illegible] wollen, als Kleinigkeit, was wir mit unsern schwachen Augen oder Sinnen begreifen und wahrnehmen können. Aber wenn wir dann im Ganzen die Bahnen betrachten, die im ewigen Kreislauf und in gesetz-mäßig geregelter Weise der Stoff zurücklegt, wenn wir können die Harmonie der Gesetze [illegible] und von ihm untrennbaren Kräfte erwägen, der Kräfte, die den Aufbau des pflanzlichen wie thierischen Organismus regeln, ist es uns dann erlaubt zu fragen: Wer dem Stoff zuerst diese seine Bahnen wies, wer die Gesetze zugehörigen oder ihn beherrschenden Kräfte zuerst so zusammentreffen ließ, daß jene wunder-baren Resultate aus ihm hervorgingen, welche uns die Erde täglich zu Millionen vorführt. Ich meine, es kann kein blinder Ungefähr sein, was diese Welt erschuf, und vergebens wird das Streben sein unter dem Scheine naturwissenschaftlicher Forschung den Gott aus der Welt hinaus-zudemonstriren, dessen Walten, dessen unermeßliche Größe und jedes Blatt, jedes Blümchen verräth. Unsere wachsende Erkenntniß von der Bedeutung des Stoffes und der von ihm untrennbaren Kräfte führt uns überall in der Natur auf zu der Erkenntniß unwandelbarer Gesetze. Aber ob auch diese Gesetze seit Millionen von Jahren bestehen, ob auch ihre glückliche Erkenntniß uns das erste und zweite Entstehen, Wachsen und Vergehen der Organismen zum großen Theil begreiflich macht, es thut dies der mächtigen Gewalt keinen Abbruch, mit welcher sie uns eben selbst die Ueberzeugung aufdrängen, daß eine unsichtbare Macht sie dennoch einstmals gab; dieselbe Macht, welche in weisem Walten mit den gleichen Stoffen, Kräften und Gesetzen sich vielleicht eine noch ganz andere Welt zu erschaffen beabsichtigt, als diejenige, deren nur geringen Theil wir kennen. —

Siebenter Vortrag.

Der innere Bau der Pflanze.

Was wir in vorstehendem Vortrage flüchtig skizzirten, wollen wir jetzt und in unseren fernern Betrachtungen weiter ausführen. Versetzen wir uns in die Natur selbst hinein. Eine anmuthige Landschaft liegt vor unsern Augen. Eine prächtige Baumgruppe begränzt sie zur Linken; auf einer Wiese im frischen Grün, durch einen Bach von jener getrennt, weiden Kühe; ihr Hirt, zur Rechten an einen Baumstamm gelehnt, schnitzt aus dürrem Holze nützliche Geräthe; Mädchen tragen die Milch, welche ihnen die Heerde lieferte, dem im Hintergrunde gelegenen Dorfe zu; aus einem leicht bewölkten Himmel fällt ein helles Sonnenlicht auf die Gruppe zur rechten Hand und auf die Wiese nieder, so weit sie nicht von der Baumgruppe beschattet ist. Welch' reicher Stoff für unsre Betrachtungen! Da findet sich Alles, was Gegenstand derselben zu werden bestimmt ist. — Doch nicht an den äußern Farben und Formen bleibt unser Blick hängen. Die Naturforschung lichtet das Kleid, das mit den lieblichsten Farben die Landschaft deckt, und wie wir hinter denselben schon jetzt deutlich die Bahnen laufen sehen, in denen der kreisende Stoff sich bewegt, so wollen wir, das Kleid noch weiter lüftend, bis in das Einzelne hinein, mit Allem was an ihnen hängt, diese Bahnen verfolgen und in sorgfältiger Zeichnung unser Bild zu vervollständigen suchen. Es gilt, den Bau des pflanzlichen und thierischen Organismus, die Entwicklung derselben vom zarten Keim aus darzulegen, es gilt darzuthun, was den todten Stoff in lebendige Form zusammenfügt und wieder die lebendige Form zerstört, was den Stoff in seinen Bahnen fesselt, was den Bewegungs-, den Lebenserscheinungen überhaupt ihr Dasein giebt.

Wird es uns möglich sein, ohne besondere Hülfsmittel diesen unsern Zweck zu erreichen? Die dem Begriffe kaum zugänglichen Zeit- und Größenverhältnisse, mit denen wir es in unsern ersten Betrachtungen zu thun hatten, ermittelt der Astronom nicht ohne die Hülfe der mächtigsten Fernröhre; sie verkleinern den Raum, der den Beobachter von seinem Gegenstande trennt. Die Verhältnisse, um die es sich für uns jetzt handeln soll, erfordern eine ähnliche, nur umgekehrte Hülfe. Nur durch Microscope, die dem Auge den kleinsten Raum zu deutlichen und meßbaren Größen zu erweitern bestimmt sind, vermag sich der Physiolog ein klares Bild von seinen Objecten zu verschaffen, nur mit ihrer Hülfe ist es gelungen, den feinern Bau der pflanzlichen und thierischen Organismen zu enträthseln. Mächtig fördernd war die Erkenntniß dieses Baues für die gesammte Physiologie; ohne sie, ohne die Beobachtungen eines Schleiden, von Mohl, Hofmeister und Schacht, ohne die eines Schwann, Ehrenberg, Kölliker u. A. würde dieselbe nicht diejenigen Fortschritte gemacht haben, welche wir als ein so bedeutendes Ereigniß der letzten Jahrzehnde bezeichnen dürfen. Und das Hauptresultat all dieser Forschung? Es ist kein andres, als daß in den scheinbar complicirtesten Formen, in den verschiedensten Organismen überall dieselbe bewunderungswürdige Einfachheit herrscht, überall dieselben Elementarformen, überall durchaus gleiche oder ähnliche Bildungsgesetze aufzufinden sind. Wie mit dem Stoff, so ist's mit der Form; mit den einfachsten und wenigsten Mitteln hat die Natur ihre großartigen Resultate erreicht. — So wollen denn auch wir, mit dem Microscope zur Hand, jene Verhältnisse des kleinsten Raumes, den Bau des pflanzlichen und thierischen Organismus betrachten. — Beginnen wir mit der Untersuchung des innern Baues der Pflanze.

Schon früher wurde es kurz angedeutet, daß die ganze Pflanze aus einzelnen Zellen bestehe; Tausende derselben sind zusammengefügt, um ein einziges Blatt zu bilden, Billionen, um eine nur kleine Pflanze herzustellen. Was aber ist denn eine Zelle? Wie entsteht dieselbe? Auch diese letztere Frage wollen wir hier schon einer nähern Prüfung unterziehen, da ihre Beantwortung für das Verständniß vom innern Bau der Pflanze, wenn nicht durchaus nothwendig, doch überaus wünschenswerth erscheint.

Es läßt sich kurz sagen, was eine Pflanzenzelle in ihrer einfachsten Form ist. Sie stellt ein rundliches Gebilde von $^1/_{300}$ — $^1/_{10}$ Linie Durchm. dar, bestehend aus einer Wand, der sog. Zellwand oder Zellhülle, einem mehr oder weniger flüssigen Inhalt, dem sog. Zellsaft und einem in diesem schwimmenden Kern, dem sog. Zellenkern. Die Zellwand selbst wieder besteht aus einem äußerst zarten Häutchen, an welchem sich aber nirgends Poren oder Löcher befinden; der Zellsaft stellt eine Auflösung stickstoffhaltiger, stickstofffreier und unorganischer Verbindungen in Wasser dar; der Zellenkern ist seiner chemischen Zusammensetzung nach noch nicht genau bekannt. Wie aber entsteht diese Zelle? Wir müssen uns darüber etwas ausführlicher verbreiten.

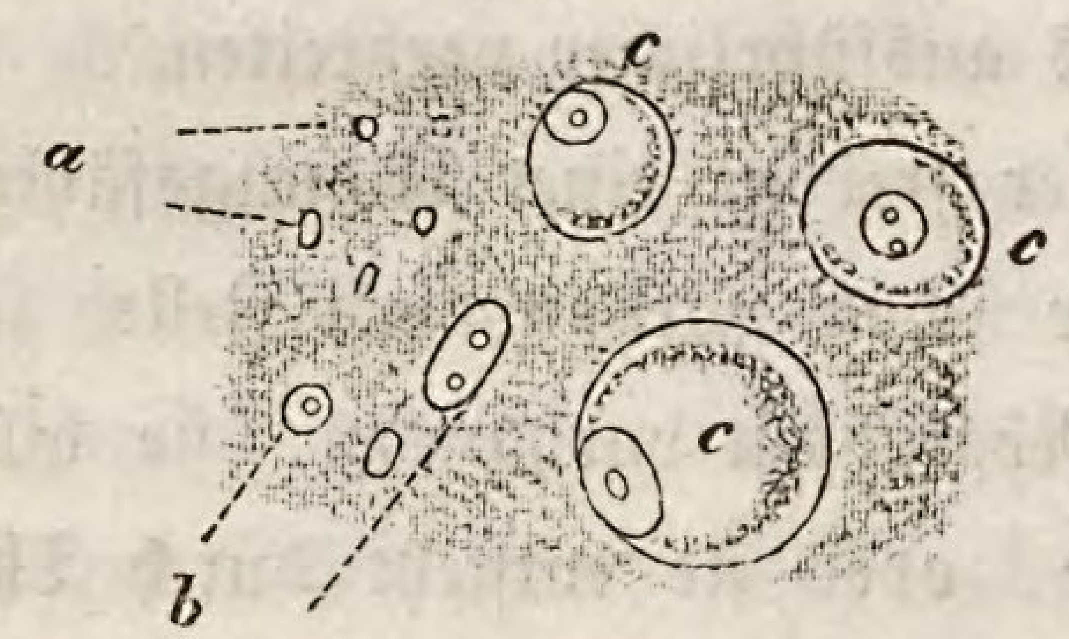
Eine Pflanzenzelle entsteht entweder frei in einer bildungsfähigen Flüssigkeit oder sie bildet sich in einer schon vorhandenen Zelle. In letzterm Falle ist wieder eine doppelte Möglichkeit vorhanden: sie bildet sich nämlich entweder frei in der Urzelle, oder sie entsteht durch Theilung derselben.

Was die ganz freie Entstehung von Zellen anbetrifft, *) so wird dieselbe vor Allem in gährungsfähigen Flüssigkeiten, welche unter allen Umständen gewisse stickstoffhaltige, stickstofffreie und unorganische Verbindungen enthalten und nur dadurch eine Bildungskraft besitzen, beobachtet. Wenn man den Saft von süßen Früchten auspreßt, durch sorgfältige Filtration klärt und bei einer Temperatur von circa 15° R. stehen läßt, so bemerkt man nach etwa 24 Stunden eine Trübung der Flüssigkeit und erkennt unter dem Microscop darin eine Menge von Körnchen, welche vorher nicht vorhanden waren. Einzelne dieser Körnchen sind ganz isolirt, um andre sehen wir, wie um einen Mittelpunkt, mehre andre angehäuft. Allmählig aber verlieren diese um das centrale Körnchen angehäuften Körnchen ihre distincte Form, sie verschmelzen gleichsam und es entsteht in dieser Weise schließlich ein scheibenförmiges Gebilde, welches ein oder mehre Körnchen einschließt, ein Gebilde, wel-

*) Vgl. hierüber Schleiden: Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. I. 1849. S. 206. — Hugo von Mohl: „Die vegetabilische Zelle" in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. IV. S. 218. — Schacht: die Pflanzenzelle. 1852. S. 50.

ches wir nun den Zellenkern nennen. Nach weitern 20—24 Stunden ist der Bildungsproceß schon weiter vorgeschritten. Um die Kerne schlägt sich zunächst eine mehr oder weniger zähe und körnige Bildungsmasse nieder, und nicht lange, so hat sich aus dieser eine äußerst zarte Hülle, welche Kern und Bildungsmasse umschließt, hervorgebildet. Das ist die Zellwand oder Zellhülle. Den Kern finden wir jetzt inmitten der eingeschlossenen Flüssigkeit schwimmen oder er liegt, wie es meistens der Fall ist, der Zellwand an. Die Zelle ist damit fertig (Fig. 69). — Zellwand, mehr oder weniger flüssiger Inhalt und Zellenkern sind die wesentlichen Bestandtheile einer jeden Zelle. — Die Aufeinanderfolge der Vorgänge in der beschriebenen Weise unterliegt kaum noch irgendwo einem Zweifel; das Einzige, worüber noch Differenzen obwalten, ist die Bildung der Zellhülle. Hugo von Mohl, welcher die äußerste, consistentere Schicht der sich zunächst um den Zellkern niederschlagenden, vorzugsweise stickstoffhaltigen Bildungsmasse den Primordialschlauch nennt, ist der Ansicht, daß dieser die Zellhülle producire; ein neuerer Forscher, Dr. N. Pringsheim,**) läßt dagegen den Zellstoff als solchen an der Grenze zwischen dem Mohl'schen Primordialschlauch und dem innern flüssigern Theil der Umhüllung des Kernes entstehen, und sich dann erst, und zwar zunächst in mehr oder weniger flüssiger Form, auf der äußern Fläche des Primordialschlauches ablagern. Darin jedoch stimmen alle Beobachter überein, daß der die Zellhülle bildende Zellstoff eine stickstofffreie, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehende Verbindung ist; eine Verbindung, für deren Zusammensetzung von Payen und Mitscherlich die allgemein geltende Formel: $C_{12}H_{10}O_{10}$

Fig. 69.



Erste Zellenbildung (im Embryosack von Cynoglossum officinale) nach Schacht. (a. Erste Körnchen; b. Zellenkerne. c. Zellen.)*)

*) Copie nach Schacht. Pflanzenzelle. Taf. VI. Fig. 6.

**) Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle. Berlin 1854.

ermittelt wurde, und welche allgemein unter dem Namen der Cellulose bekannt ist. —

Die Beobachtungen in Betreff dieser formellen Bildungsverhältnisse der Pflanzenzelle lassen sich leicht mit Hülfe eines Microscops wiederholen. Bei Weitem schwieriger ist die Frage zu lösen, wie sich der Bildungsvorgang chemischerseits verhält. Allein auch über dieses Verhältniß haben wir, und zwar durch Mitscherlich's überaus interessante Arbeiten, bereits Aufklärung bekommen. *) Machen wir uns auch damit schon hier in aller Kürze bekannt.

Als Object seiner Untersuchungen wählte Mitscherlich einen Malzauszug, die sog. Bierwürze. Dieselbe besteht bekannter Maaßen einmal aus Wasser und denjenigen mineralischen Bestandtheilen, welche ein jedes, nicht destillirte Wasser enthält, und andrerseits aus denjenigen Bestandtheilen, welche das Wasser aus der keimenden Gerste ausgezogen hat. Unter diesen befinden sich stets eiweißartige (stickstoffhaltige) Verbindungen, stickstofffreie Stoffe, insonderheit Zucker, und wieder mineralische Bestandtheile, unter denen Phosphorsäure, Kalk, Kali und Magnesia wohl selten oder niemals fehlen. Bleibt nun diese Bierwürze bei einer geeigneten Temperatur stehen, leitet man die Biergährung in ihr ein, so bildet sich bekanntlich die sog. Hefe. Diese Hefe ist aber nichts als eine Masse von wirklichen pflanzlichen Zellen, den sog. Hefenzellen, wie es die Beobachtung unter dem Microscop sofort darthut. Es kam Mitscherlich jetzt darauf an zu ermitteln, welche Bestandtheile der Bierwürze in die Zellenbildung eingegangen, welche andrerseits in der Flüssigkeit, also dem Biere, zurückgeblieben waren. Sobald daher die Hefe gebildet war, trennte er dieselbe vom Biere und untersuchte nun beide gesondert. Dabei ergab es sich dann zunächst, daß während die Bierflüssigkeit kaum einige Tausendtel eiweißähnlicher (stickstoffhaltiger) Materien enthielt, in den Zellen 4—5 Hunderttheile davon enthalten waren. Es befanden sich also diese Materien in den Zellen in einem bei Weitem concentrirteren Zustande, als in der Flüssigkeit; es war offenbar ein relativ beträchtlicher Theil des Gehaltes der Bierwürze an eiweißartigen Stoffen in die Verbindung der die Zellen bildenden Sub-

*) S. Monatsberichte der Berliner Akademie. 1845.

stanzen eingegangen und damit der Bierwürze selbst entzogen. Als zweites Resultat stellte sich daneben das sehr beachtenswerthe Verhältniß heraus, daß die Zellensubstanz die Flüssigkeit (das Bier) hinsichtlich der mineralischen Bestandtheile (Aschenbestandtheile) um mehr als das 25fache übertraf. Es waren enthalten in:

	1000 Grm. Hefenzelle	1000 Grm. Bier
Phosphorsäure	30,0 Grm.	0,61 Grm.
Kali	22,0 „	1,25 „
Natron	— „	0,01 „
phosphorsaure Magnesia .	17,2 „	0,61 „
phosphorsaure Kalkerde .	7,4 „	0,08 „
Kieselsäure	— „	0,51 „
Summe d. Aschenbestandtheile	76,6 Grm.	3,07 Grm.

Also auch von den unorganischen Bestandtheilen der Bierwürze war eine verhältnißmäßig sehr bedeutende Menge bei der Zellenbildung Bestandtheil der Zelle selbst geworden, und wir können daraus mit Bestimmtheit folgern, daß auch diese unorganischen Verbindungen von großer Bedeutung für die Zellenbildung sind. Wie wir sehen, waren aber die einzelnen Mineralstoffe keineswegs in gleichem Verhältniß in die Zellen übergegangen, es hatte hier vielmehr eine Wahlanziehung stattgefunden, eine Vertheilung der einzelnen Stoffe, die sogleich klar zu Tage tritt, wenn wir die aufgefundenen Mengen derselben in 76,6 und 3,07 Theilen Asche auf je 100 Theile Asche berechnen. Diese Berechnung ergiebt, daß in 100 Grm.:

	Hefenasche	Bierasche
Phosphorsäure	39,5	20,0
Kali	28,3	40,8
Natron	—	0,5
phosphorsaure Magnesia . .	22,6	20,0
phosphorsaure Kalkerde . .	9,7	2,6
Kieselsäure	—	16,6

enthalten waren. Wir dürfen daraus mit Sicherheit abnehmen, daß die unorganischen Bestandtheile der Bierwürze keineswegs alle in gleichem Maaße bei dem Zellenbildungsproceß betheiligt sind; wir dürfen schlie-

ßen, daß für den letztern insonderheit die Phosphorsäure und der phosphorsaure Kalk von großer Bedeutung sind, denn jene findet sich in der Hefenasche im Verhältniß zur Bierasche in fast doppelter, dieser aber in fast dreifacher Menge; daß ferner die Kieselerde für die Zellenbildung gar keine Bedeutung besitzt, das Kali dabei eine nur untergeordnete, die phosphorsaure Magnesia dagegen wieder eine erheblichere Rolle spielt. — Es bedarf keiner besondern Bemerkung, um nachzuweisen, wie überaus wichtig diese Resultate für die Physiologie und für die Praxis sind. Handelt es sich überall, in der Pflanze sowohl, wie im Thier, um Zellenbildung, ist alles Wachsthum, alles Gedeihen von ihr abhängig, so ist selbstverständlich auch eine genaue Kenntniß der dabei in Frage kommenden chemischen Verhältnisse, eine Kenntniß des erforderlichen Bildungsmaterials von der weittragendsten Bedeutung.

Die zweite Art der Zellenentstehung ist, der originären gegenüber, die secundäre, d. h. die Bildung von Zellen innerhalb oder aus einer schon vorhandenen sog. Ur- oder Mutterzelle. Wir wollen hier vorläufig nicht untersuchen, woher in jedem einzelnen Falle die Urzelle stammt; eine jede einmal vorhandene Zelle kann möglicherweise die Mutterzelle anderer werden. Für uns ist jetzt nur zu wissen nothwendig, daß die secundäre Zellenbildung in verschiedener Weise erfolgt und zwar entweder durch ein freies Entstehen junger Zellen im Innern der Urzelle oder durch eine Theilung der letztern.

Die freie Zellenbildung innerhalb einer Ur- oder Mutterzelle geht in eben derselben Weise vor sich, wie in der oben erwähnten freien Bildungsflüssigkeit. Die Urzelle haben wir als eine mit solcher Flüssigkeit, d. h. also einem stickstoffhaltige, stickstofffreie und unorganische Verbindungen enthaltenden Fluidum gefüllte kennen gelernt. In diesem Fluidum entstehen Körnchen und Kerne, um diese sammelt sich wieder eine größere oder geringere Menge Bildungsflüssigkeit (das sog. Protoplasma) an, die Bildungsflüssigkeit gränzt sich nach und nach nach außen hin (als Primordialschlauch) ab, bis endlich das Ganze wieder von der Cellulosemembran oder Zellhaut umschlossen wird. Diese Art der Zellenentstehung wird beobachtet bei der Bildung der ersten Zellen im sog. Embryo- oder Keimsack, ferner bei der Bildung der Sporen (Keimzellen) einiger Pilze, Flechten und Algen.

Die Zellenbildung durch Theilung einer Urzelle oder Mutterzelle erfolgt in andrer Weise; über das feinere Detail dieses Vorganges herrschen jedoch noch einige, wenn auch nur unerhebliche Differenzen. Hugo von Mohl drückt sich folgendermaaßen darüber aus.*) „Die Zellenbildung," sagt er, „wird durch Veränderungen eingeleitet, welche der Primordialschlauch der sich theilenden Zelle erleidet und in deren Folge sich Scheidewände entwickeln, welche von der Peripherie der Zelle allmählig nach innen zu wachsen und die Zellhöhlung in zwei oder mehre getrennte Höhlungen abtheilen. Diesem Processe geht in beinahe allen Fällen eine Bildung von eben so vielen Zellenkernen, als sich in der Mutterzelle Abtheilungen bilden, voraus, in seltenen Fällen (nur bei den sog. Zellenpflanzen und vorzugsweise bei Algen) fehlt dagegen dieser Vorgang." Den Vorgang bei der Bildung der Scheidewand selbst beschreibt er dann in folgender Weise: „Die Zellen sind von einem Primordialschlauche ausgekleidet, auf dessen innerer Seite eine Schichte von Chlorophyllkörnern **) liegt, welche sich auf Einwirkung von Substanzen, welche dem Leben der Pflanze schädlich sind, wie von Alkohol, Säuren u. s. w. vom Primordialschlauche lostrennt, so wie sich der letztere seinerseits unter diesen Umständen von der Zellwandung ablöst. An der Stelle, an welcher sich eine Scheidewand bildet, wächst aus dem Primordialschlauche eine ringförmige Falte hervor, welche sich allmählig verengt und die Chlorophyllschichte, die sich eine Strecke weit vom Primordialschlauche ablöst, mehr und mehr zusammenschnürt. Während dieser Zeit setzt sich auf der ganzen äußern Fläche des Primordialschlauchs eine Cellulosenmembran ab; so weit diese zwischen der äußern Fläche des Primordialschlauches und der innern Fläche der sich theilenden Zelle verläuft, reiht sie sich den secundären Schichten der letztern, als deren jüngste und innerste an; an der Stelle dagegen, wo der Primordialschlauch die beschriebene Einfaltung bildet, setzt sich diese Cellulosenhaut in die Duplicatur der Falte fort und bildet so eine aus einer doppelten Membran bestehende, ringförmige, dünne, unvoll=

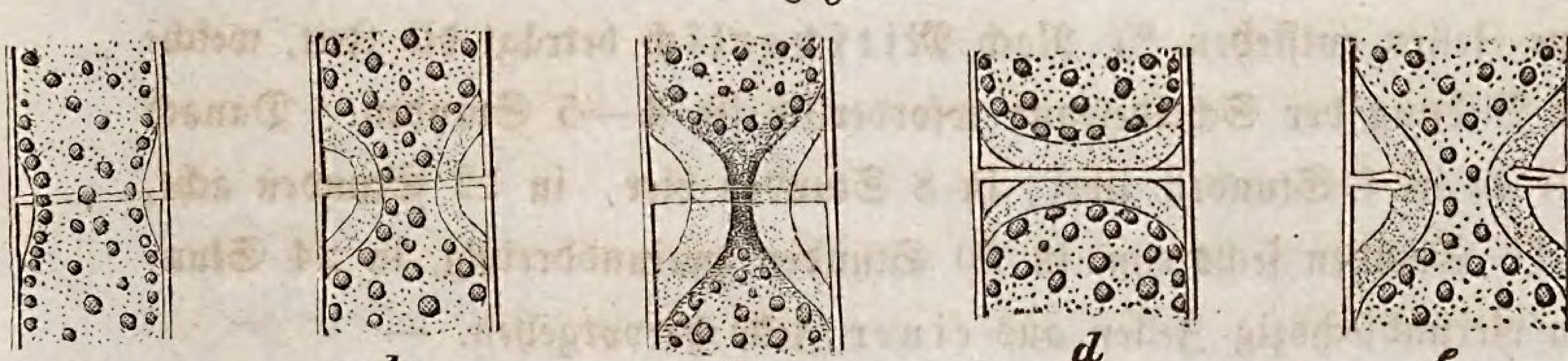
*) A. a. O. S. 211.

**) Das sog. Blattgrün, Chlorophyll, das den Blättern u. s. w. die grüne Farbe giebt, besteht aus kleinen grünen Kügelchen.

ständige Scheidewand. Diese ringförmige Falte und die in ihr liegende Cellulosemembran ziehen sich mehr und mehr zusammen, bis die Oeffnung in der Mitte schwindet, die Chlorophyllschichte und der Primordialschlauch in zwei Theile abgeschnürt sind und die Cellulosemembran als vollständige Scheidewand auftritt. Es haben sich auf diese Weise ohne bedeutende Störung des Inhaltes der Mutterzelle in derselben zwei Tochterzellen gebildet, welche den gesammten Inhalt der Mutterzelle in sich aufgenommen haben und deren Membranen, so weit sie an die Membran der Mutterzelle angränzen, als Verdickungsschichten von dieser dienen, wo dagegen die Tochterzellen einander berühren, als Scheidewand der Mutterzelle erscheinen."

Von dieser Schilderung differirt Pringsheim in so fern, als er bei Erklärung des Theilungsvorganges der Zelle nicht vom Primordialschlauch, sondern von der Cellulosemembran ausgeht. Die nach ihm zwischen Primordialschlauch und centralem Inhalt der Zelle gebildete Cellulosesubstanz, die sich nach ihrer ersten Entstehung außerhalb des Primordialschlauches an der innern Fläche der bereits vorhandenen Zellhülle als verdickende Schicht niederschlägt, faltet sich nach seiner Darstellung in Folge des ihr Wachsthum in andrer Richtung beschränkenden Raumes der Mutterzelle; die Falte wächst allmählich nach innen hinein und schnürt so den Inhalt der Zelle, den Primordialschlauch u. s. w. ab (Fig. 70). Pringsheim meint, daß von Mohl nur deshalb

Fig. 70.



Der mittlere Theil einer den Theilungsproceß erleidenden Zelle von Chladophora glomerata.*)

*) Copie nach Pringsheim. Man sieht überall die Falte der innersten Zellstoffschicht (Zellhülle). Diese, immer weiter nach innen vordringend, schnürt den Inhalt der Zelle immer mehr ab (a. b. c.) bis er zuletzt in zwei Theile getrennt ist, welche nun durch die neuentstandene Scheide-

diese primäre Faltung der jungen Zellhaut nicht beobachtet habe, weil er sie durch die angewandten Reagentien, Essigsäure u. s. w. zerstörte. Doch eine weitere Untersuchung dieses Gegenstandes würde uns zu weit führen; also zurück zu der sich theilenden Zelle, nachdem die Scheidewand in ihr entstanden ist.

Wenn dieselbe gebildet ist, bleibt zunächst die, die beiden neu entstandenen Zellen umschließende Zellwand der ursprünglichen Mutterzelle vollständig. Mit dem Wachsthum der jungen Zellen nimmt jedoch die Wand der Mutterzelle an deren Ausdehnung Theil und, Anfangs im Verhältniß dünner werdend, schwindet sie endlich ganz, so daß die beiden Tochterzellen jetzt isolirt oder vielmehr nur durch die sie trennende Scheidewand (die eine doppelte ist, da sie ja aus einer Falte hervorging) zusammenhängend dastehen.

Das ist der interessante Vorgang bei der Theilung der Pflanzenzelle, der als Zellenvermehrungsmittel am Weitesten verbreitet im Pflanzenreich vorkommt. Die spätern Zellen im Keimsack, die sog. Staub- (Pollen-) körner der blüthentragenden Gewächse, die Sporen der Laub- und Lebermoose, der Schachtelhalme, die Zellen der Conferven, die Zellen aller geschlossenen Gewebe der höher entwickelten Pflanzen entstehen in dieser Weise.

Die Vermehrung der Zellen selbst erfolgt in erstaunlich rascher Weise. Schleiden berechnete, daß an einem sehr schnell wachsenden Pilze, dem Riesenbovist (Bovista gigantea) in jeder Minute 20000 neue Zellen entstehen. *) Nach Mitscherlich beträgt die Zeit, welche zur Bildung der Scheidewand erforderlich ist, 4—5 Stunden. Danach würden in 4 Stunden zwei, in 8 Stunden vier, in 12 Stunden acht, in 16 Stunden sechszehn, in 20 Stunden zweiunddreißig, in 24 Stunden vierundsechszig Zellen aus einer Zelle hervorgehen. —

Das Wachsthum der Pflanzen beruht nun auf nichts Anderem, als auf einer steten Vermehrung der Zellen in der angegebenen Weise, insonderheit auf der Vermehrung derselben durch Theilung. „Wenn

---

wand geschieden werden (d). e stellt das Bild eines Längsdurchschnitts durch b. dar. —

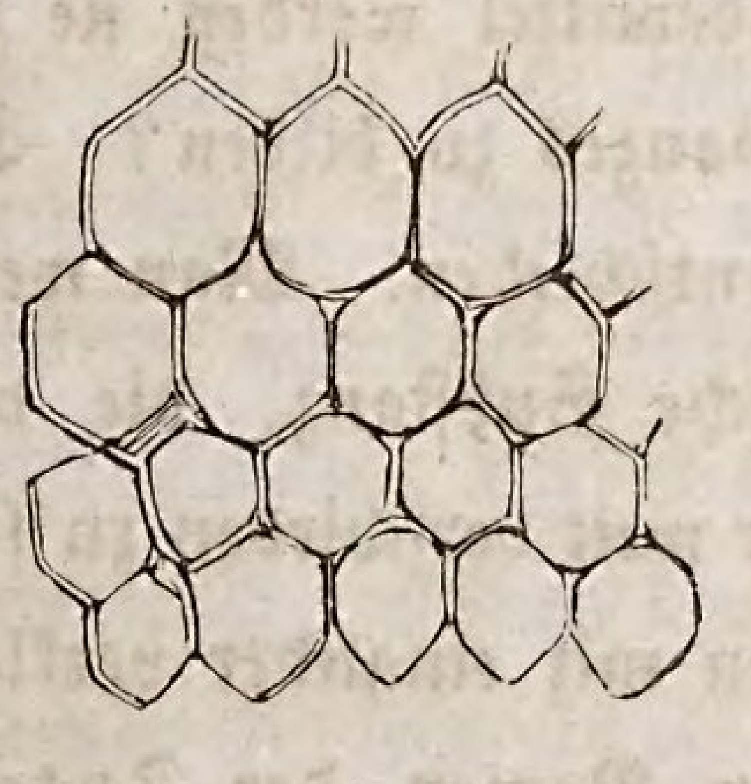
*) S. Schleiden: „Das Leben der Pflanze." 2. Aufl. S. 45.

die Urzelle," sagt Schacht,*) „sich durch immer wiederholte Theilung nur nach **einer** Richtung hin vermehrt, so entsteht ein Faden (Ulothrix, Spirogyra, mehrzellige Haare [s. Fig. 84]); vermehrt sie sich nach zwei Richtungen, so entsteht ein flächenartiges Gewebe (z. B. das Blatt der Lebermoose); erfolgt endlich die Zellenvermehrung nach allen drei Richtungen des Raumes, so entsteht ein aus Zellen zusammengesetzter Körper, z. B. der Stamm und das Blatt der höhern Pflanzen."

Keineswegs behalten nun aber alle Zellen die ursprüngliche, einfachste, rundliche Form bei; sie entwickeln sich vielmehr während des Wachsthums in sehr verschiedener Weise und nehmen nach und nach in verschiedenen Theilen der Pflanze die **verschiedensten Formen** an. Es hängt dies einmal davon ab, daß das Wachsthum der einzelnen Zelle in einer bestimmten Richtung durch benachbarte Zellen behindert wird und so die Zelle gezwungen ist, sich nur nach dieser oder jener Seite hin auszudehnen; oder es ist bedingt durch eine, nach eigenthümlichen, noch wenig erforschten Bildungsgesetzen erfolgende ungleich Ernährung der Zellwand, in Folge deren ein Theil derselben stärker wächst, als ein andrer. Machen wir uns in Kürze mit den am häufigsten vorkommenden jener verschiedenen Formen bekannt. —

Der einfachste Fall ist der, wo sich die rundlichen Zellen in Folge der Zusammenlagerung und des auf einander ausgeübten Druckes gegenseitig abplatten. Es entstehen dadurch eckige und meistens sechseckige Zellen, durch deren Vereinigung ein **mauerförmiges** oder bienenhonigartiges bald mehr, bald weniger regelmäßiges **Gewebe** (Fig. 71) gebildet wird. — In einem andern Falle wachsen die Zellen insonderheit der Länge nach; es entstehen dadurch die **langgestreckten** Gefäß-, Bast- und Holzzellen (s. Fig. 78 b). In einem dritten Falle bilden sich **sternförmige Zellen** und zwar dadurch, daß bei lockerer Zusammenhäufung der Zellen einzelne Theile der Wand sich mehr ausdehnen als andre;

Fig. 71.



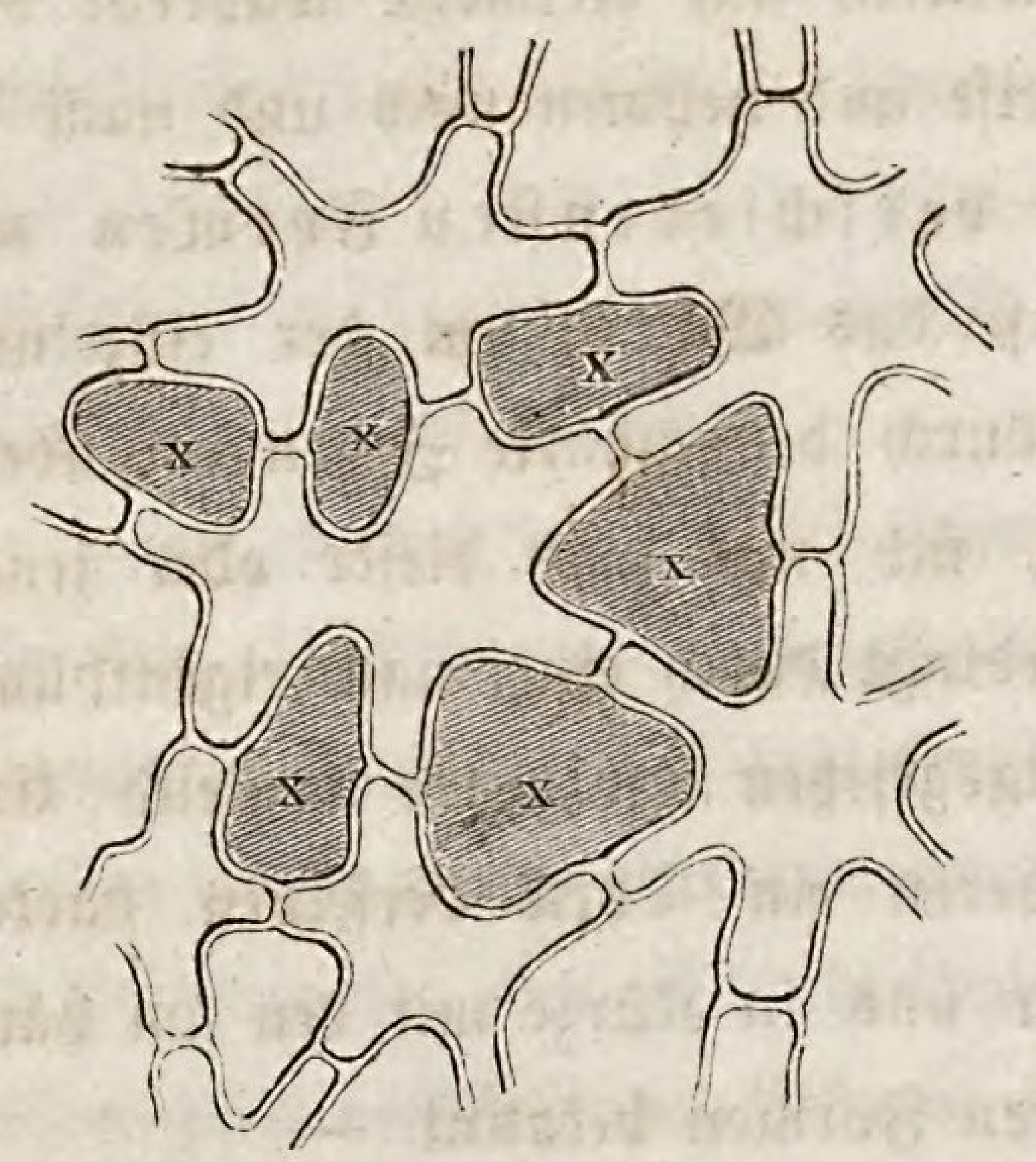
Mauerförmiges Zellgewebe aus dem Stengel einer Cycadee (Cycas revoluta). **)

*) A. a. O. S. 75.

**) Nach d. Nat. gez. (250 Mal vergrößert).

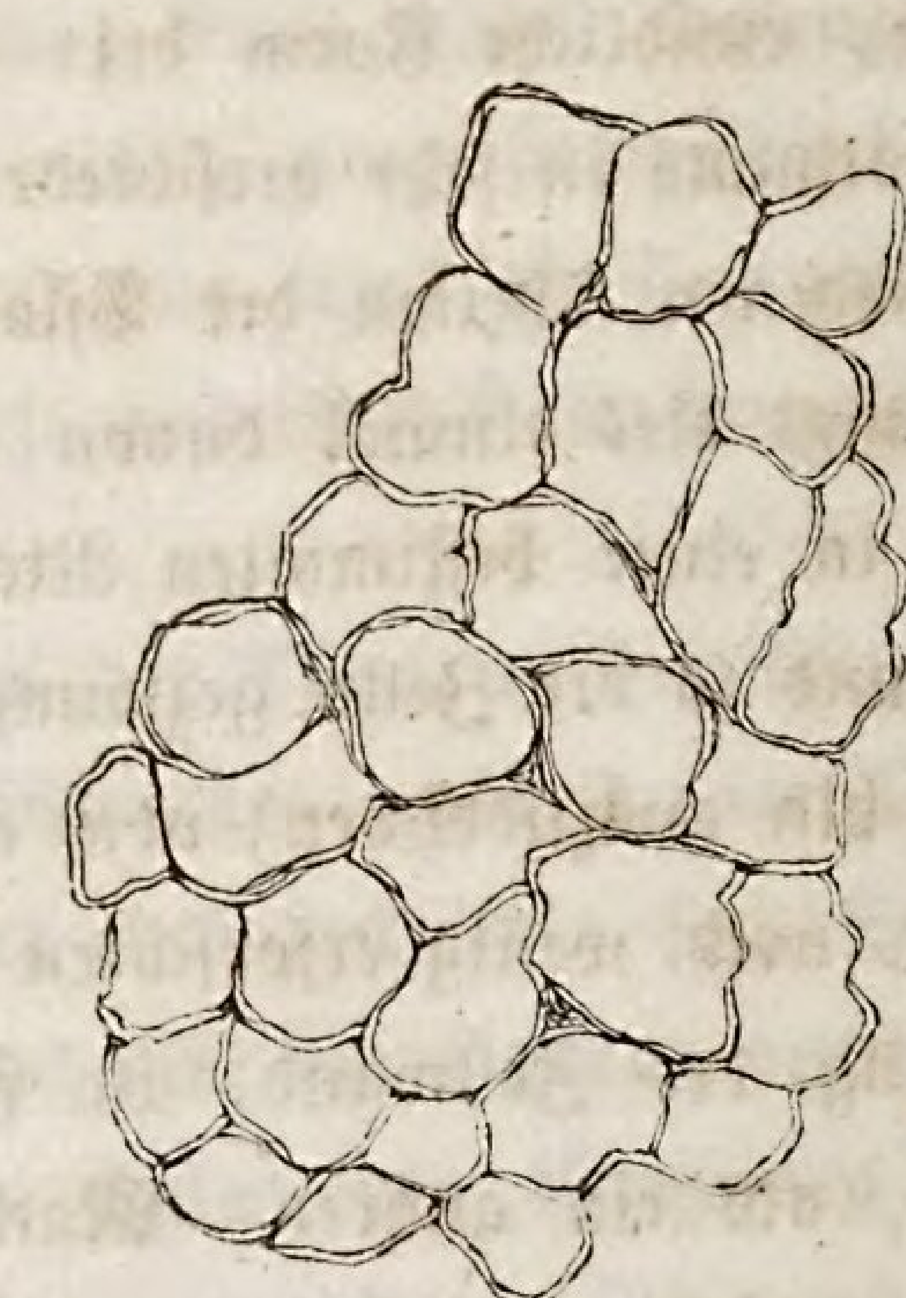
treten diese einzelnen strahlenförmig ausgedehnten Zellenwände dann in Berührung mit einander, so entsteht jenes manchen Wasserpflanzen eigenthümliche Gewebe, welches sich durch seine großen Zwischenzellräume auszeichnet (Fig. 72). Viel häufiger als diese kommen endlich Zellen von sehr unregelmäßiger Gestalt vor. Zellen, die mehr oder weniger ihre rundliche Form beibehalten haben, aber äußerst unregelmäßige, fast gezackte Wandungen besitzen (Fig. 73).

Fig. 72.



Sternförmiges Zellengewebe aus Juncus effusus. — x, x, x Intercellularräume.*)

Fig. 73.



Zellengewebe aus dem Blumenblatt der Kartoffel.**)

Wie aber wird ein Verband zwischen diesen einzelnen verschieden geformten Zellen hergestellt? Durch welche Bindemittel werden sie zusammengehalten, um ein zusammenhängendes Ganzes zu bilden? Die Untersuchungen haben bereits über diese Frage entschieden. Man weiß, daß die einzelnen Zellen durch eine eigenthümliche Substanz, die von der Cellulose verschieden,***) aber doch nicht sehr weit verschieden zu sein scheint, in Verbindung gebracht, gewissermaaßen mit einander verklebt werden. von Mohl gab dieser Substanz den Namen der Inter=

*) Copie nach Schacht. Pflanzenzelle. Taf. VII. Fig. 4.

**) Nach der Nat. gez. (250 Mal vergr.)

***) Die Intercellularsubstanz wird von Aetzkali aufgelöst, die Cellulose nicht.

cellularsubstanz. Es ist dieselbe wohl als ein Absonderungsprodukt der Zelle selbst nach außen hin zu betrachten; ihre Darstellung ist aber um so schwieriger, als sie oft nur in äußerst geringer Menge vorhanden und selbst optisch deshalb nicht einmal immer nachweisbar ist.*)

Ganz etwas Aehnliches findet sich auf der Oberfläche fast aller Gewächse, d. h. also an der Oberfläche oder Außenseite der oberflächlichsten Zellenlagen. Diese Außenseite der meisten Gewächse (der höhern Pflanzen ohne Ausnahme) ist von einem dünnen Ueberzug, einem Häutchen bekleidet, das der Intercellularsubstanz ähnlich, von Brogniart mit dem Namen der Cuticula (Häutchen) belegt wurde (s. Fig. 81). Chemisch sowohl, wie physiologisch verhält es sich fast gleicher Art, wie die letztere; es löst sich in Aetzkali, aber nicht in Schwefelsäure und hebt sich bei Behandlung des Pflänzchens mit letzterer als eignes Häutchen ab. Es hat wohl insonderheit die Bedeutung, die rasche Verdunstung der Oberhautzellen zu verhindern und ist somit sehr wesentlich für den Ernährungsvorgang der Pflanze. Ein ähnliches Häutchen überzieht die Staubkörner und vielfach auch die Keimzellen kryptogamer (blüthenloser) Gewächse.

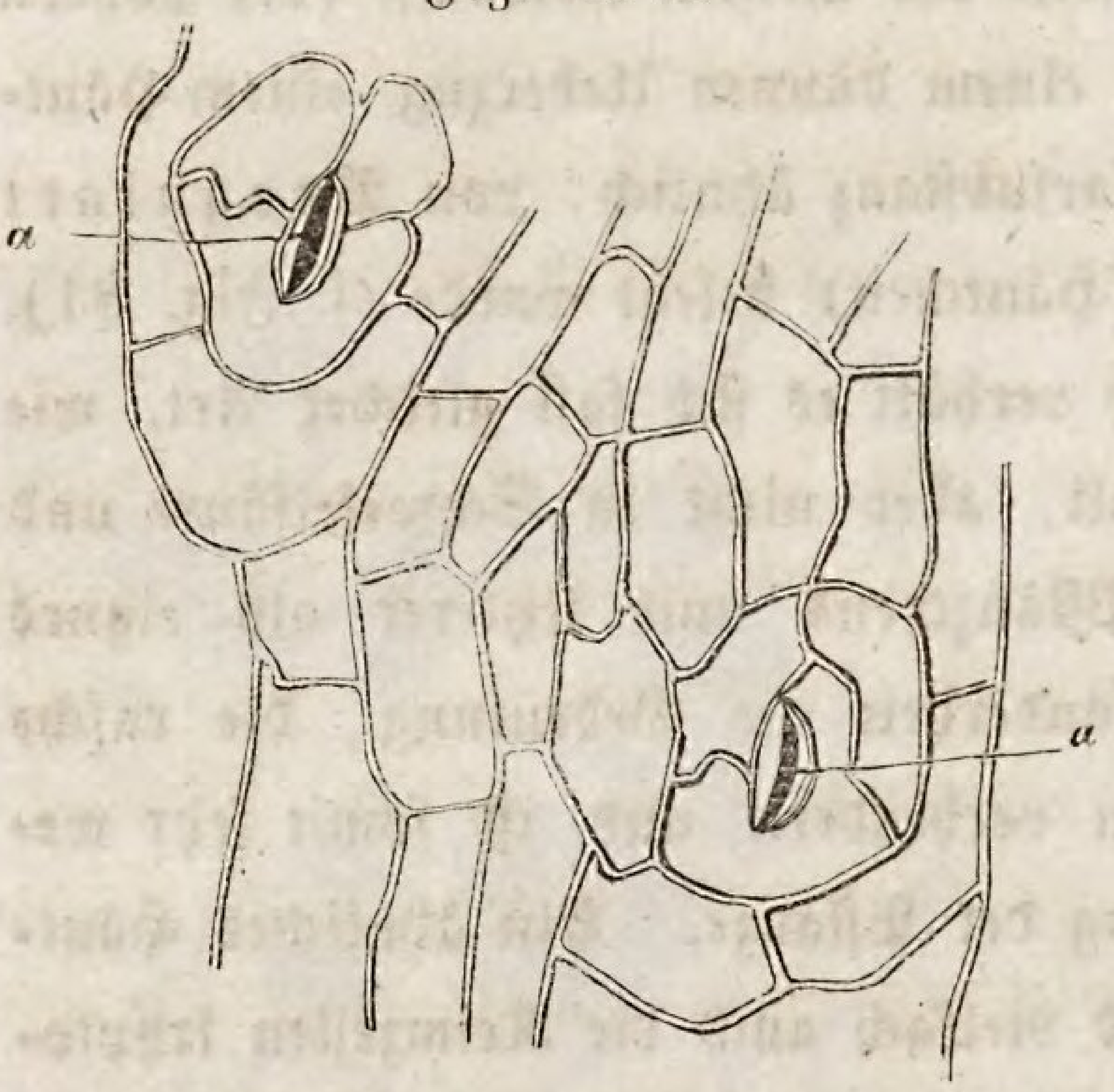
So also sind die einzelnen Zellen der Pflanze im Innern und an der Oberfläche durch besondere Bindungsmittel verbunden. Trotzdem aber berühren sich die Zellen, wo immer sie liegen, noch nicht unmittelbar an allen Punkten. Es entstehen vielmehr vielfach leere Räume zwischen ihnen, die man Intercellular-Räume nennt. Diese sind je nach der engern oder weniger engen Berührung der Zellwände selbst bald größer, bald kleiner und setzen sich durch die ganze Pflanze hindurch fort. Dadurch entstehen dann die Intercellulargänge, die meistens mit Luft, selten mit einer Flüssigkeit erfüllt sind, oder sog. Luftlücken, Lufthöhlen, die als erweiterte Intercellularräume, namentlich zwischen den sternförmigen Zellen vieler Wasserpflanzen vorkommen (s. Fig. 71). Sie enthalten ebenfalls Luft. In ihnen bilden sich keine Stoffe, wie Stärkmehl, Zucker u. s. w., wohl aber werden von den benachbarten Zellen flüssige Stoffe, als Harz, Gummi u. s. w. in sie hinein abgesondert. — Diese Intercellulargänge und Luftlücken

---

*) Vgl. Schacht a. a. O. S. 76. — von Mohl a. a. O. S. 195.

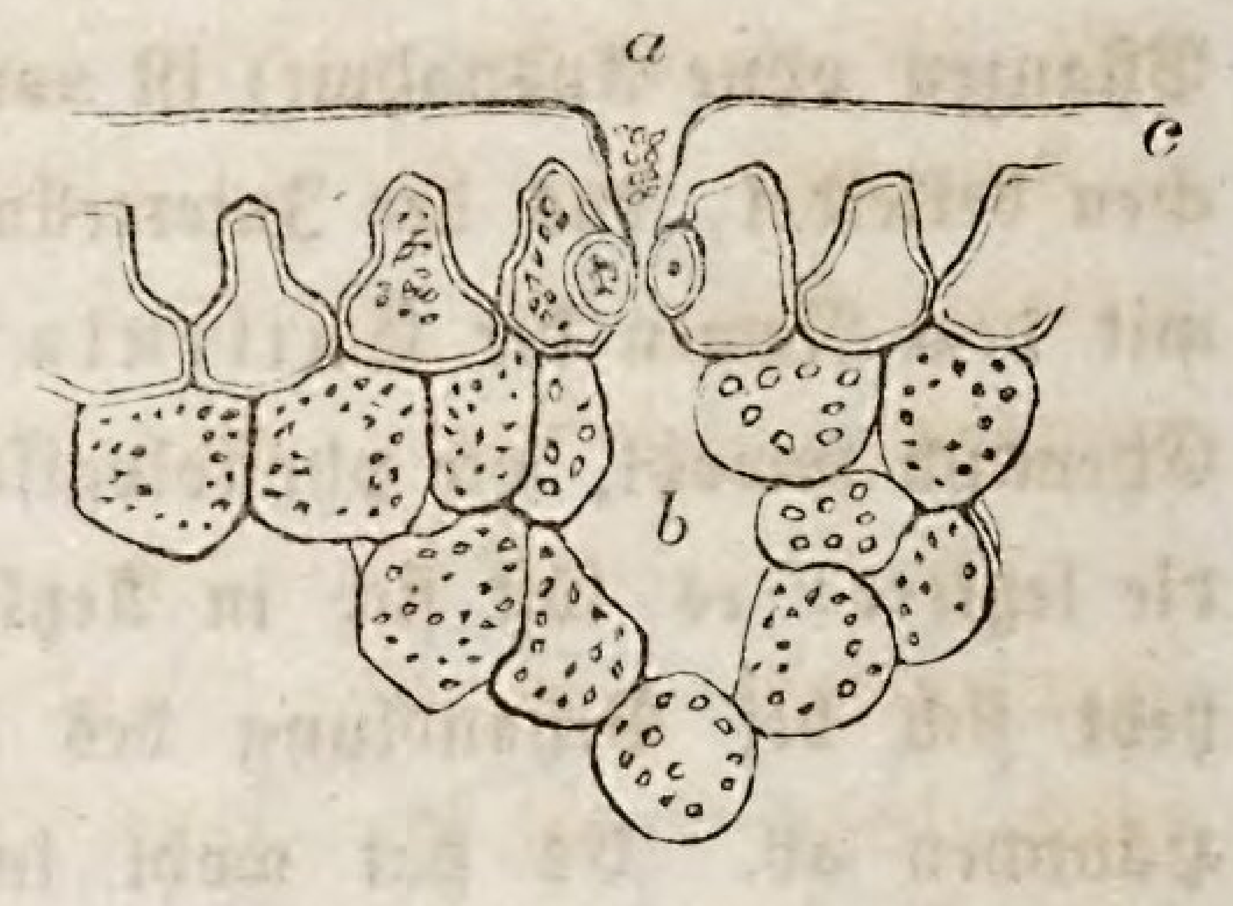
stehen nach außen hin durch die sog. Spaltöffnungen mit der äußern Luft in Verbindung. Es bilden sich diese dadurch, daß die Wände aneinanderstehender, noch junger Oberhautzellen bei allmähliger Ausbildung sich trennen und eine Oeffnung zwischen sich lassen, die man später von zwei halbmondförmigen Zellen umgeben sieht, und die in eine unter der Oberhaut liegende sog. Lufthöhle führt (Fig. 74).

Fig. 74 a.



Spaltöffnungen von der Oberfläche des Blattstiels der Stockrose. *)

Fig. 74 b.



Ein Schnitt senkrecht auf eine Spaltöffnung der Blattfläche von Aloë nigricans. **)

Die Cuticula setzt sich mitunter (z. B. bei Cacteen) in diese Lufthöhle fort. —

So viel im Allgemeinen über die Entstehung, Vermehrung, Form und Verbindung der Pflanzenzellen unter einander. — Wir haben uns jetzt noch über die Veränderungen, welche die einzelnen

---

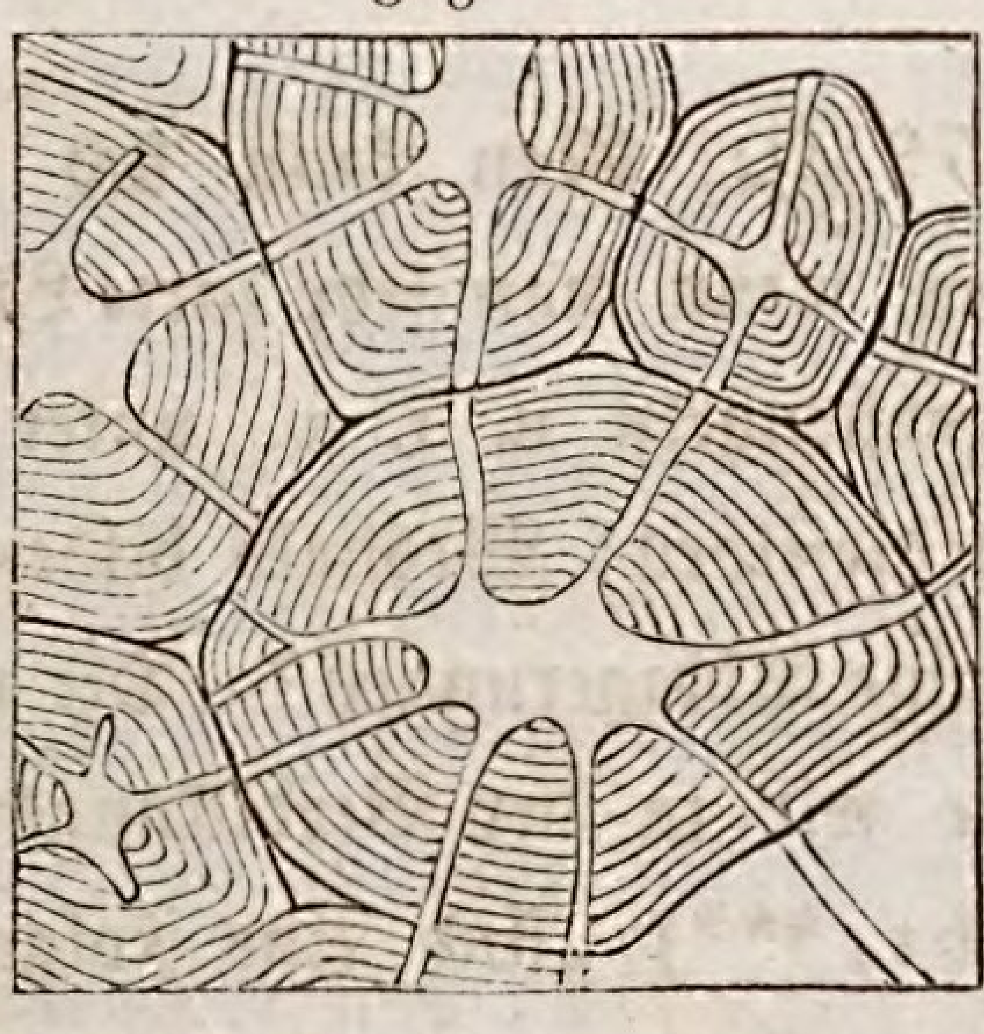
*) Nach der Nat. gez. (250 Mal vergr.) Längsschnitt. aa die Spaltöffnungen.

**) Nach Schleiden: Grundz. d. wissensch. Bot. I. S. 278. a. Canal der Spaltöffnung mit orangefarbenen Harzkörnern erfüllt. b. Lufthöhle unter der Spaltöffnung von Zellen begrenzt, die theils Chlorophyllkörner (Blattgrünkörner, in der Zeichnung schwarz), theils rosenrothe oder orangefarbene Harzkörner enthalten. Die papillösen, verdickten Oberhautzellen, von der Absonderungsschicht (c) bedeckt, sind mit hellem oder dunkelrothem Saft erfüllt und zum Theil mit rosenrothen Harzkörnern. Von den beiden Spaltöffnungszellen ist eine mit Chlorophyll erfüllt, die andere enthält ein großes, hellgelbes Harzkörnchen.

Pflanzenzellen im Verlaufe der Zeit erleiden, so wie über die Anordnung derselben bei der Verbindung zu einem Ganzen zu unterhalten. Was wir als festes Holz zu den verschiedensten Zwecken verwenden, geht aus der allmähligen Umwandlung zarter Zellen hervor und bestand einst aus eben so lockerem Gewebe, wie der junge grüne Zweig der wachsenden Pflanze; und wie im thierischen Organismus eine bestimmte Gruppirung der einzelnen Organe, eine bestimmte Vertheilung der Arbeit unter denselben obwaltet, so sind auch die einzelnen Zellen der Pflanze in bestimmter Weise zu größeren Complexen vereinigt, und der bestimmten Anordnung dieser entspricht eine bestimmte Function.

Je älter die Pflanzenzelle wird, um so mehr verdickt sich in der Mehrzahl der Fälle ihre Wandung. Es erfolgt diese Verdickung dadurch, daß sich auf die innere Wand der äußern Zellhülle immer neuer Zellstoff ablagert, während der bisherige flüssige Inhalt allmählig schwindet. *) Dabei finden aber die verschiedensten Verhältnisse Statt. Einmal werden mit nur kleinen Unterbrechungen auf der ganzen Innenfläche der Zelle Schichten von neuem Zellstoff abgelagert; die Schichten füllen schließlich das ganze Innere der Zelle aus und jede solcher Zellen steht mit einer andern entweder nur noch durch kleine Lücken in den Ablagerungsschichten, die man Tüpfelkanäle nennt, oder auch gar nicht mehr in Verbindung (Fig. 75). In einem andern Falle verdickt sich nur die eine Seite der Zelle, wie namentlich bei Oberhautzellen. In einem dritten Falle, und so namentlich bei den Gefäßzellen, bildet der abgelagerte Zellstoff eine Spirale; es

Fig. 75.



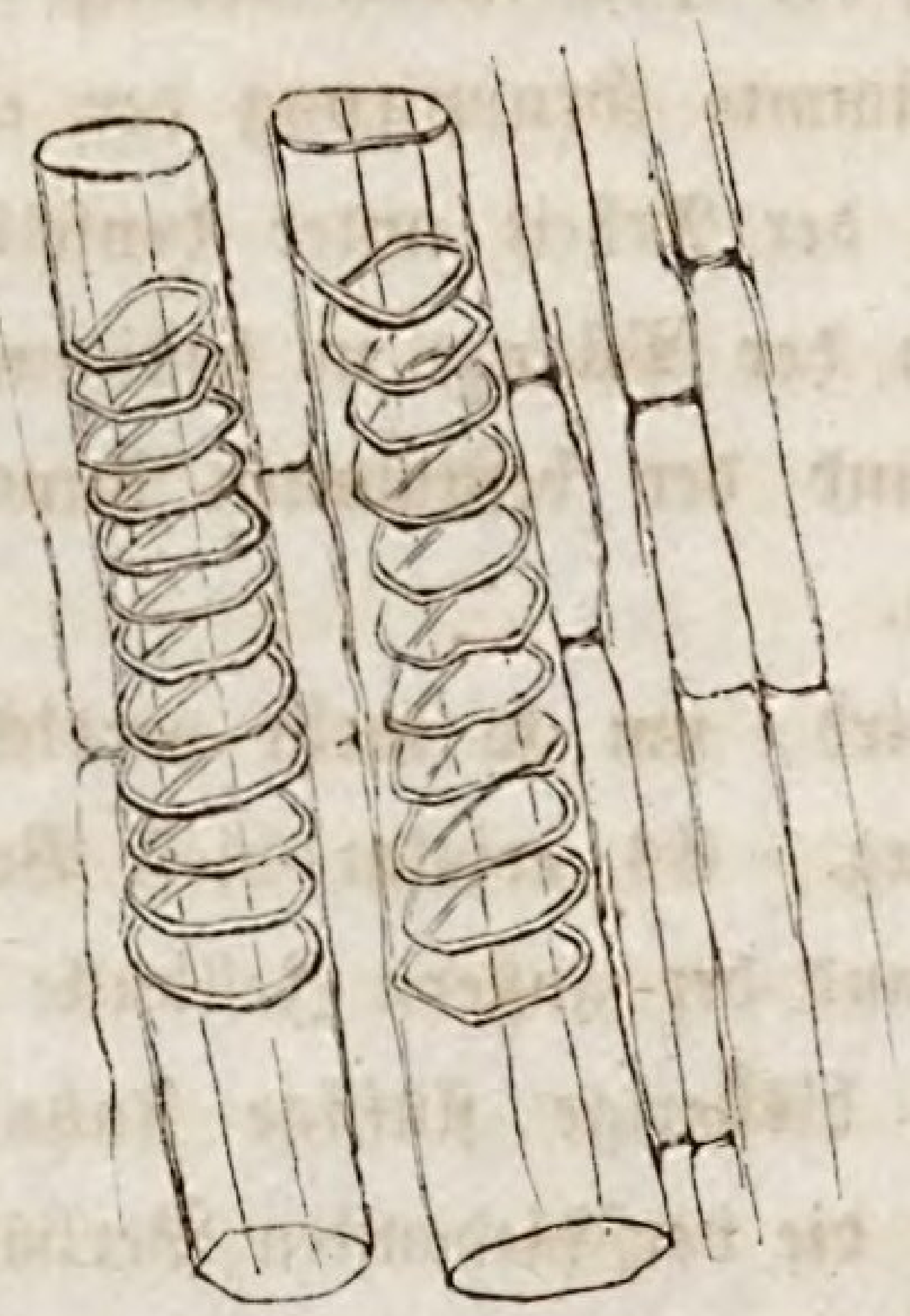
Querdurchschnitt sehr dickwandiger (verholzter) Zellen aus dem Wurzelstock von Helosis brasiliensis mit nach allen Richtungen verlaufenden, häufig sich vereinenden Tüpfelkanälen. **)

*) Vgl. Schacht: Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse. Berlin 1854. S. 248.

**) Copie nach Unger: Grundz. der Anatomie u. Physiologie der Pflanzen. S. 19. Fig. 23.

entstehen dadurch die sog. Spiralgefäße (Fig. 76). In einem noch andern Falle bilden sich ringförmige, in einem wieder andern netzförmige Ablagerungen, die der Innenwand der Zelle oft die zierlichsten Zeichnungen verleihen (Fig. 77); so bieten namentlich die sog. Treppengänge

Fig. 76.



Spiralgefäße aus dem Blattstiel der Kartoffel.*)

Fig. 77.



Netzförmige Verdickungsschichten aus jungen Holzzellen der gemeinen Weide.**)

ein äußerst zierliches Bild dar (s. Fig. 79 c). Man kann sich leicht eine Ansicht dieser Formationen verschaffen, wenn man sehr zarte Längsschnitte von jungen und ältern Pflanzenstengeln u. s. w. unter das Microscop bringt. — Was aber bedingt dieselben? Weshalb bilden sich hier Ringe, dort Spiralen, dort netzförmige Ablagerungen? „Die mannigfachen Gestalten und Formen, welche wir in der Verdickungsweise der Zellwand bewundern," sagt Schacht,***) „sind eine Folge bestimmter Grundursachen, die wir noch nicht alle genugsam kennen." Sie scheinen jedoch hauptsächlich abhängig zu sein von den Lebenserscheinungen, d. h. den chemisch-physikalischen Processen im Innern der Zelle selbst, wohin namentlich die Saftströmungen gehören, und von den Ein-

*) Nach d. Nat. gez. Längsschnitt durch den Blattstiel, leicht comprimirt. 250 Mal vergrößert.

**) Nach d. Nat. gez. (250 Mal vergr.)

***) Beiträge zur Anatomie u. Physiologie der Gewächse. S. 264.

flüssen, welche benachbarte Zellen auf einander ausüben, wohin namentlich Druck, gegenseitiger Saftaustausch u. s. w. zu rechnen sind. Auch die Wachsthumserscheinungen eines Pflanzentheils im engern Sinne des Wortes stehen ohne Frage mit der Verdickungsweise seiner Zellen in innigem Zusammenhang; es ist jedoch schwer zu entscheiden, ob die rasche Verlängerung eines Pflanzentheils, so lange dieselbe fortdauert, die Bildung unter sich zusammenhängender Verdickungsschichten verhindert, oder ob das Auftreten der letztern, wie in den Holzzellen und getüpfelten Gefäßen, die weitere Verlängerung des Pflanzentheils unmöglich macht. Zellen, deren Innenwand gleichmäßig durch Zellstoffablagerung verdickt ist, müssen ohne Frage eine bedeutende Verlängerung des Pflanzentheils behindern, während Spiral- und Ringgefäße der raschen Verlängerung des jungen Pflanzentheils kein Hinderniß geben. Die letztern finden sich deshalb auch namentlich in den jungen Gefäßbündeln der sich entwickelnden Pflanze. Die netzförmigen Verdickungen der Zellwand sind der Verlängerung schon sehr hinderlich. Ueber all diese Verhältnisse hat sich Schacht a. a. O. weiter ausgesprochen; hier dürfen wir uns nicht wohl länger bei einem speciellen Gegenstande aufhalten. —

Was die Bedeutung, den Zweck der Verdickungsschichten anbelangt, so sind sie vor Allem, indem sie das Lumen der Zelle immer mehr und endlich ganz ausfüllen, das Mittel zur Verholzung derselben und also zur Holzbildung überhaupt. Ohne sie würde der kräftige Stamm, der Träger des Baumes, nicht entstehen können. Was die einzelnen Zellen in diesem Falle erfüllt, ist eine dem Zellstoff der Zellhülle sehr ähnliche, wahrscheinlich aus einer Umwandlung desselben hervorgehende und xylogen- oder holzbildender Stoff genannte Substanz. Eine weitere Bedeutung erlangen die Verdickungsschichten sonder Zweifel als ein die Formation der einzelnen Zelle, wie der ganzen Pflanze mitbedingendes Moment; denn dadurch eben, daß sie bald mehr, bald weniger hindernd auf die Ausdehnung der Zelle einwirken, müssen sie auch offenbar auf die Gestaltung der ganzen Pflanze von Einfluß sein. Endlich kommt aber noch ein Drittes hinzu. Wie sie selbst Produkt der einzelnen Lebenserscheinungen der Pflanze sind, so üben sie auch wieder in gewisser Weise einen bestimmenden Einfluß

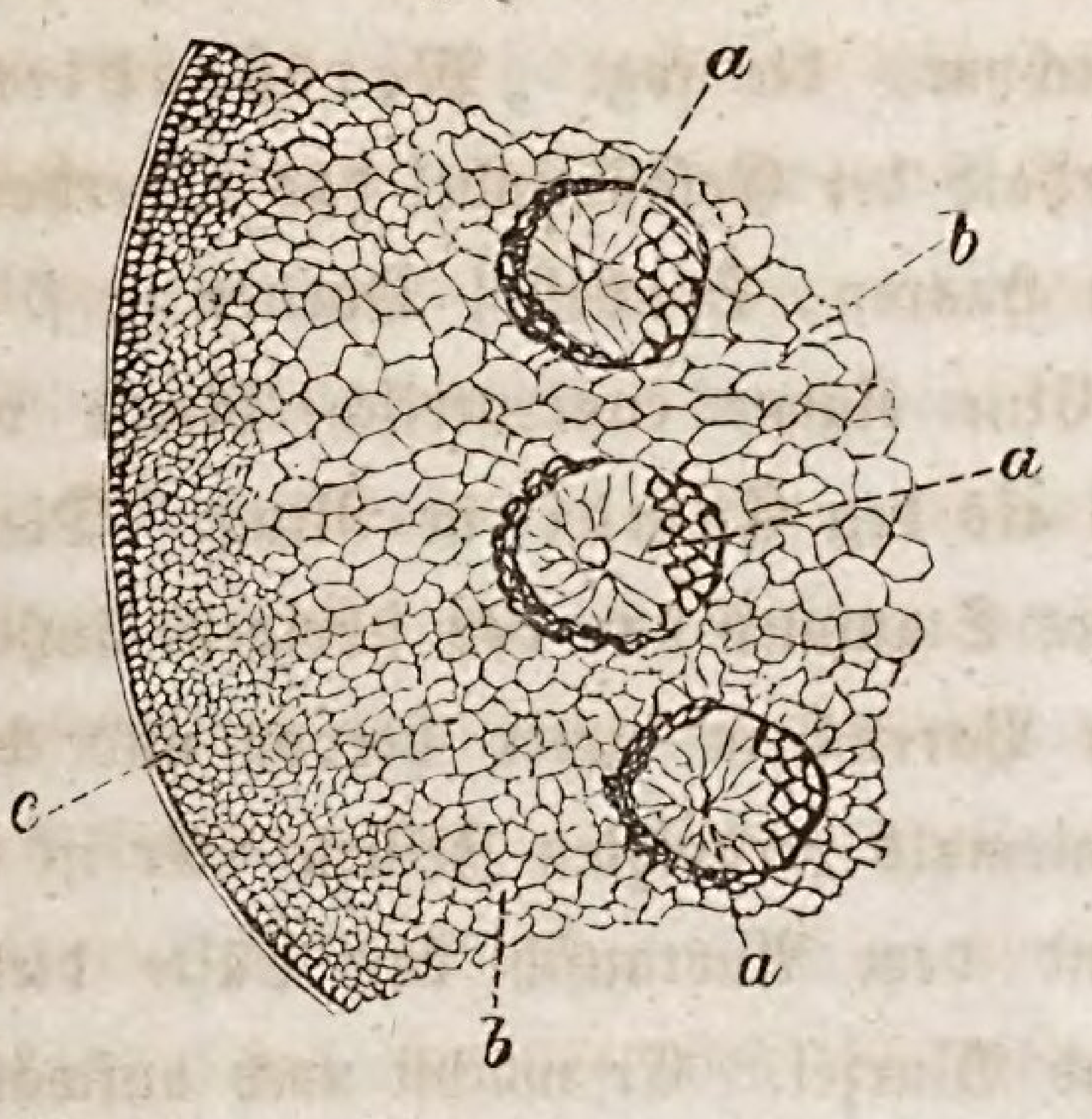
auf dieselben aus, insofern von ihrer stärkern oder geringern Entwicklung der Saftaustäusch zwischen den einzelnen Zellen zum großen Theil abhängig ist. Nur durch die nicht verdickten Theile der Zellwand hindurch wird ein lebhafter Saftaustausch zwischen den einzelnen Zellen unterhalten und gerade in denjenigen Theilen der Pflanze, in welchen der lebhafteste Saftaustausch besteht (s. u.), finden sich deshalb auch niemals gänzlich mit Ablagerungsstoffen erfüllte Zellen vor. Möglich bleibt der Saftaustausch noch da, wo theilweis verdickte Zellen mit Tüpfelkanälen versehen sind, denn dadurch, daß diese in benachbarten Zellen stets aufeinanderstoßen, wird eine Communication zwischen denselben erhalten (s. Fig. 75). Sobald aber die Zellen ganz von Ablagerungsstoffen erfüllt sind, hört jeder Saftaustausch mit andern Zellen auf; es sind diese Zellen als abgestorben, dem Lebensproceß der Pflanze entzogen zu betrachten. So ist in den Verdickungsschichten und der Verfolgung der Zelle gleichzeitig ein Mittel gefunden, das regste Leben der Pflanze auf gewisse Theile derselben zu concentriren und die Vorgänge des Stoffwechsels in einer dem Wachsthum und der Fruchtbildung entsprechenden Weise über die ganze Pflanze zu vertheilen.

Betrachten wir nun die Pflanze als Ganzes, so wird sie gebildet entweder von einzelnen, freien Zellen, oder, wie es fast immer der Fall ist, durch ein Zellengewebe. Zu den erstern gehören nur die durch ihre wunderbaren, fast willkürlich erscheinenden Bewegungen ausgezeichneten Schwärmfadenzellen oder Schwärmsporen, Zellen, deren Kern sich nach Schacht's Annahme, zum Schwärmfaden entwickelt und die Keimzellen (Sporen) der blüthenlosen Gewächse; zu den letztern alle übrigen Pflanzen. —

Die einfachsten Pflanzen bestehen nur aus einzelnen Zellenreihen; so z. B. manche Pilze und Flechten, verschiedene Algen u. s. w. Die höhern Pflanzen zeigen dagegen durchweg einen complicirteren Bau. — Die wesentlichste Grundlage des ganzen Gewebes derselben bildet immer das sog. Parenchym (Fig. 78 a. f. S.). Dasselbe besteht aus meistens rundlichen, aber doch auch sehr verschiedenartig abgeplatteten oder gestalteten Zellen, die bald dünnwandig, bald dickwandiger, bald sogar verholzt sind; in ihnen bilden sich viele jener bekannten Pflanzenstoffe, welche wir als Nahrungsmittel oder zu andern Zwecken verwenden, so

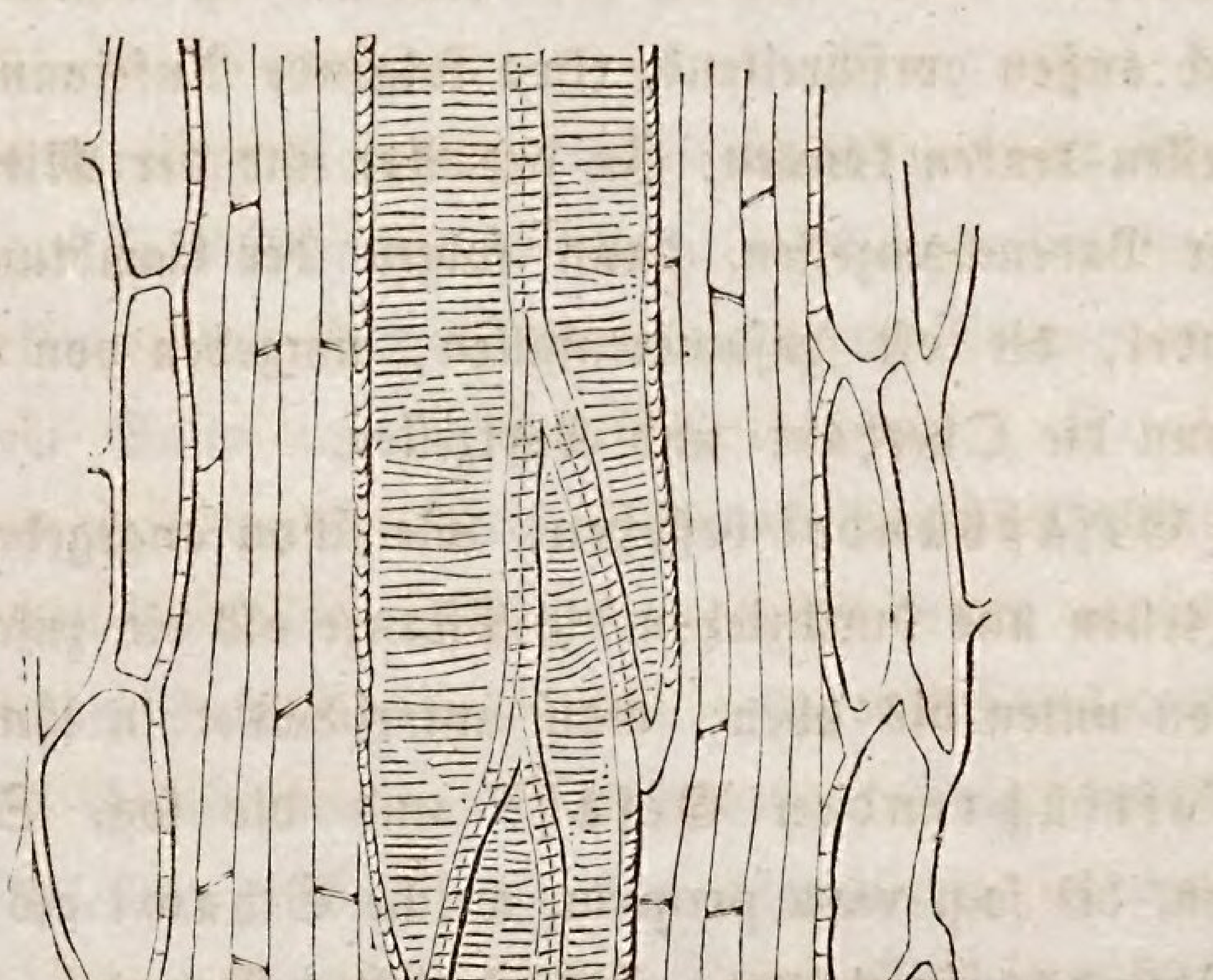
der Zucker, das Stärkemehl, das Gummi, flüchtige und fette Oele u. s. w., nicht minder das Blattgrün und alle übrigen Pflanzenfarbstoffe, deren prachtvollen Glanz wir täglich bewundern. Als zweiten Hauptbestandtheil bezeichnen wir aber die sog. Gefäßbündel, Bündel von langgestreckten sog. Gefäßzellen, welche in gewisser regelmäßiger und kreisförmiger Anordnung das Parenchym der Länge nach, von unten nach oben aufsteigend, durchsetzen und sich in den Blättern als sog. „Adern" oder „Nerven" verzweigen (Fig. 79). Diese beiden, Gefäßbündel und

Fig. 78.



Theil eines Querschnittes durch den Blattstiel von Cycas revoluta. *)

Fig. 79.



Gefäßbündel aus dem Stengel von Polypodium ramosum (im Längsschnitt).**)

Parenchym, bilden in der That fast die ganze Pflanze. Wenn man

*) Nach der Nat. gez. (40 Mal vergr.) a, a, a. Durchtrittsstellen der Gefäßbündel. b, b. Parenchym-Zellen. c. Oberhaut u. Oberhautzellen.

**) Das etwas verdickte, nach dem Gefäßbündel hin poröse, etwas langgestreckte Parenchym (a) umschließt zunächst ein zartwandiges, sehr langgestrecktes Gewebe, das Cambium des Gefäßbündels (Schacht) oder

das innere, centrale Parenchym als Mark bezeichnet, so ist dasselbe von den einzelnen Gefäßbündeln, deren Zahl variirt, umgeben; zwischen ihnen drängt sich aber das Parenchym, die sog. „Markstrahlen“ bildend, hindurch, um dann außerhalb der Gefäßbündel das Oberhautgewebe mit seinen Anhängseln von Haaren, Stacheln, Dornen u. s. w. und das Korkgewebe zu bilden. Eine eigene concentrische Reihe von Parenchym-Zellen bezeichnet man als den Cambium-Ring. Dieser trennt gewissermaaßen das Mark des Stammes von den übrigen, äußern Theilen desselben, geht aus dem Parenchym direct hervor und charakterisirt sich durch seine zarten, niemals verholzten Zellen. Er ist es, der nur der Zellenvermehrung und dem Austausch der Säfte dient, durch ihn verdicken sich Stamm und Wurzel. Er wächst nach aufwärts mit dem sich entwickelnden Stamm und nach abwärts mit der Wurzel.*) Dieser Ring kann ebensowohl der Vermehrung der Parenchymzellen, als der Vermehrung der langgestreckten Gefäßzellen (Verdickung der Gefäßbündel) dienen. Man würde sich demnach in einem Stamme, von innen nach außen vorschreitend, etwa folgende Aufeinanderfolge der einzelnen Zellen denken können: In der Axe und der Mitte des Stammes liegen nur Parenchymzellen, dann folgen der Cambium-Ring und die Gefäßbündel, die oft zusammenfallen, umgeben von Holz- und Bastzellen, dann die Oberhaut- und Korkzellen.

Die Gefäßbündel bestehen, wie schon angegeben, aus langgestreckten Zellen und durchziehen die Pflanze als ein zusammenhängendes System von unten bis oben; man unterscheidet in ihnen die eigentlichen saftführenden Gefäße und die sog. Spiralgefäße. Die erstern, die sog. vasa propria, welche Schacht als „das Cambium der Gefäßbündel“ bezeichnet, sind stets das Primäre; sie bestehen aus langgestreckten Zellen, deren Scheidewände nicht schwinden und die in der Mehrzahl der Fälle ständig saftführend bleiben; sie sind gewissermaaßen die Hauptternährungszellen der übrigen Theile des Gefäßbündels

die „eigentlichen Gefäße“ (Mohl) (b). Innerhalb dieser Zellen liegen die ganz gleichförmigen, mit langen aber schmalen Spalten bezeichneten Gefäße. — Copie nach Schleiden: Grundz. d. wissenschaftl. Botanik I. S. 255.

*) Vgl. Schacht: Die Pflanzenzelle. S. 246.

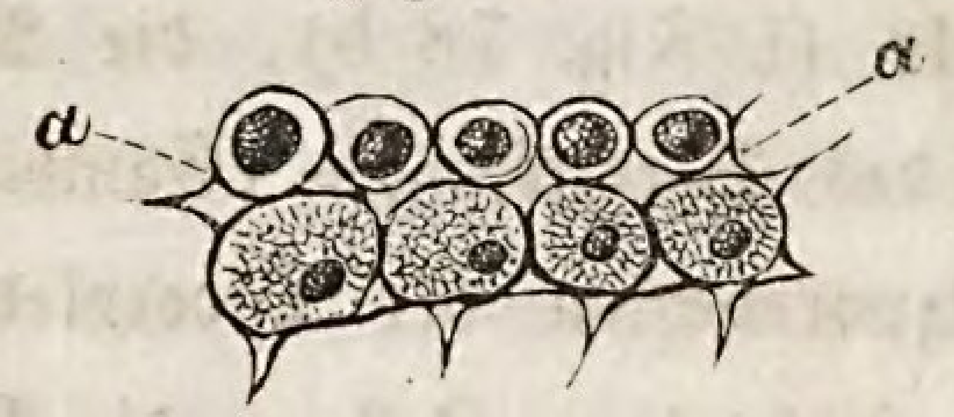
(s. Fig. 78 b). Die Spiralgefäße und die unter diesem einem Namen hier mitbegriffenen Treppen-, Ring- und Netzgefäße sind das Secundäre. Sie bilden sich aus den eigentlichen Gefäßzellen hervor, indem sich an den Seitenwänden derselben die oben erwähnten Verdickungsschichten bilden, die anfänglichen obern und untern Zwischenwände aber allmählig schwinden. Es entsteht in dieser Weise eine lange Röhre, die nur kurze Zeit Saft, später aber nur Luft führt und schließlich fast ohne Ausnahme verholzt (s. Fig. 78 c). In gleicher Weise bilden sich auch aus den eigentlichen Gefäßzellen die sog. Holz- und Bastzellen. „Die Holzzellen und das Holzparenchym sämmtlicher Pflanzen," sagt Schacht, „entstehen aus den fortbildungsfähigen Cambiumzellen des Gefäßbündels (s. Fig. 78 b), die Markstrahlzellen bilden sich aus den Zellen des Verdickungs- (Cambium-) Ringes. Die Holzzellen und das Holzparenchym der Dicotyledonen entstehen deshalb in den langgestreckten, senkrechten Zellen, die Markstrahlen dagegen in kürzern, häufig wagerechten Zellen des Gesammt-Cambium." —

Was man unter dem Namen der Milchsaftgefäße begreift, ist oft Bestandtheil des Gefäßbündels, oft nicht. Es sind diese sog. Milchsaftgefäße oft wirkliche, aus Zellen hervorgegangene Röhren, oft nichts, als mit milchigem Safte erfüllte Intercellulargänge. Der Milchsaft, wie ihn ein Jeder von dem Leontodon taraxacum (Kuhblume) kennt, ist ein Gemenge von verschiedenen Stoffen, unter denen, außer einigen ganz eigenthümlichen Substanzen, Gummi, Zucker, Stärkemehl, Harz, Wachs, Eiweiß, Caoutchouc und verschiedene Salze vorzüglich zu nennen sind. Dieselben bilden eine Art Emulsion, in welcher das Amylon durch seine oft sonderbare Gestalt von Stäbchen leicht zu erkennen ist. —

Einer besondern Erwähnung bedarf noch die Oberhaut der Pflanzen. Sie fehlt den Pilzen, Flechten und Algen, sie findet sich aber schon bei den Laub- und Lebermoosen und fehlt bei den höhern Pflanzen nie. Die Zellen der Oberhaut gehen aus dem Urparenchym der Pflanze hervor, platten sich ab und lassen hie und da die schon oben erwähnten Spaltöffnungen zwischen sich. — Alle Zellen der Oberhaut sind von der ebenfalls schon erwähnten, von diesen Zellen

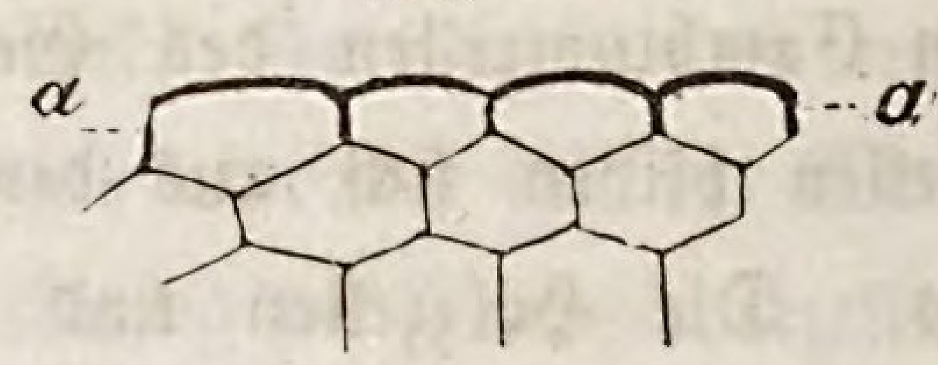
selbst abgesonderten Cuticula überzogen. Je nach der Verschiedenheit der Ausbildung der Oberhautzellen unterscheidet man *Epithelialzellen*, *Epiblemzellen* und *Epidermiszellen*. — Das Epithelium umkleidet jeden jungen Pflanzentheil, wird aber oft, je nach der Function der Pflanzentheile, in Epiblema oder Epidermis umgewandelt. Es besteht aus zartwandigen Zellen, welche selten oder niemals verholzen oder verkorken und ist überall da vorhanden, wo die Oberfläche sehr stark secernirt (Fig. 80). Das Epiblema hat schon verdicktere Wände, entwickelt sich zum Theil zu Wurzelhaaren und bildet die Oberhaut der in der Erde befindlichen Organe (Fig. 81). Weder Epithelium

Fig. 80.



Epithelium (a) von der Saamenknospe der Tradescantia crassula mit einer Lage darunter liegender Parenchymzellen. *)

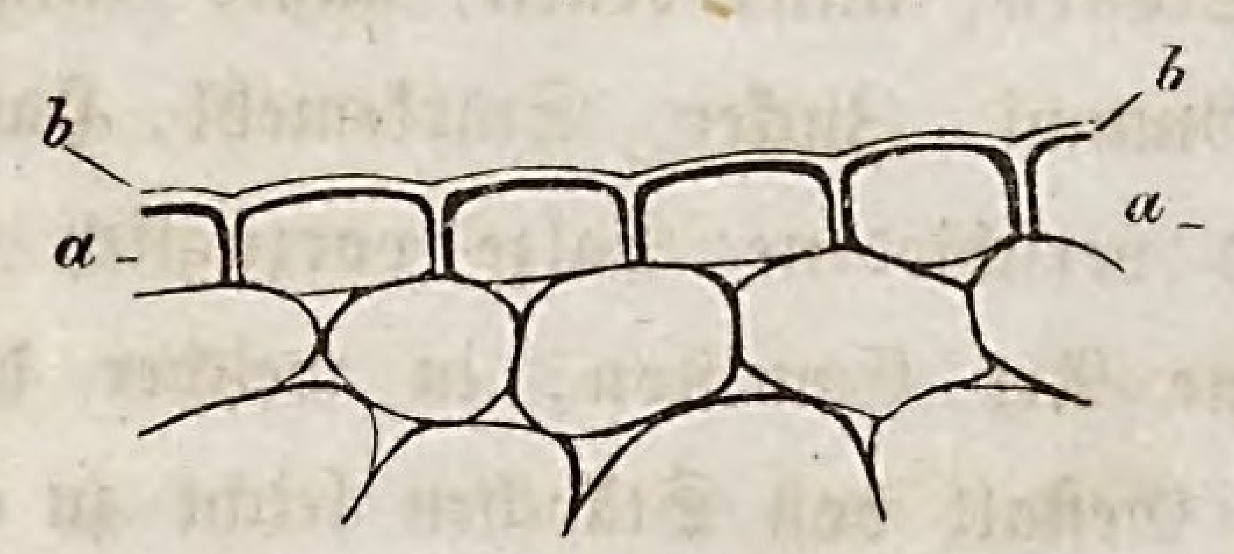
Fig. 81.



Epiblema (a) der Wurzel von Spirodela polyrrhyza mit einer Lage darunter liegender Parenchymzellen.**)

noch Epiblema zeigen Spaltöffnungen. Die Epidermis dagegen entwickelt sich, in der Regel ziemlich stark, zunächst am Stamm und an den Blättern (Fig. 82). Ihre Zellen sind es, in denen sich der Kork bildet, die sich ferner bald zu Haaren, bald zu Stacheln ausbilden. Sie ist von dem Oberhäutchen (*Cuticula*) überzogen und durch Verdickungsschichten der Cuticula bildet sich die *Rinde*, die chemisch der Korksubstanz sehr ähnlich ist. —

Fig. 82.



Epidermis (a) der obern Blattfläche von Tradescantia discolor mit einer Lage darunter liegender Parenchymzellen. b. Cuticula. ***)

Der *Kork* ist nach *Schacht* (l. c. pag. 236) eine besondere

*) Jede Zelle zeigt noch den relativ großen Zellenkern. Schnitt senkrecht auf die Fläche. Nach *Schleiden* a. a. O. S. 272.

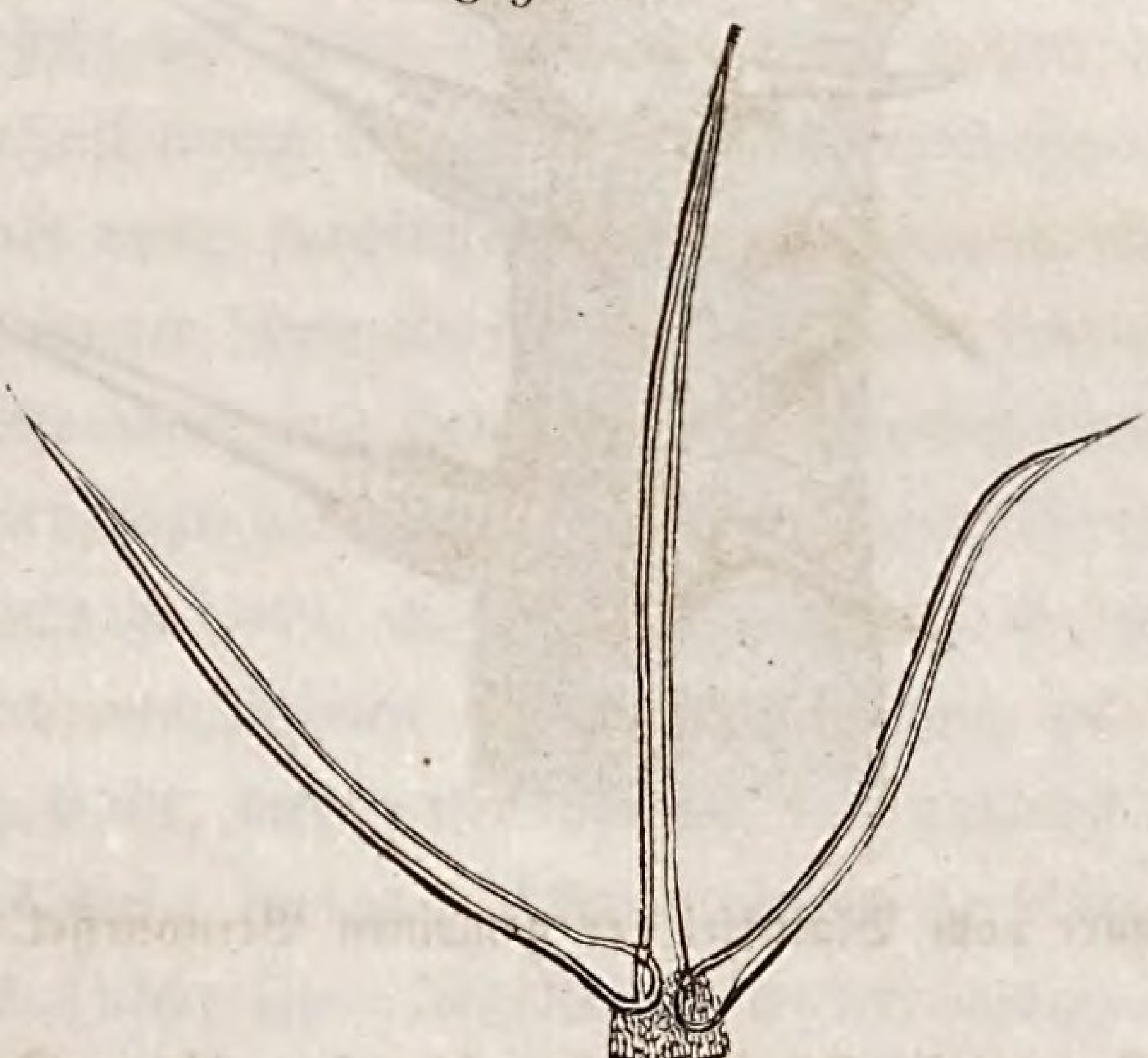
**) Nach *Schleiden* a. a. O. S. 272. (Schnitt senkrecht a. d. Fläche.)

***) Desgl. das. (Schnitt senkrecht auf die Blattfläche.)

Bildung; er entsteht in der Regel durch eine bestimmte Zellenbildung in den Oberhautzellen; sobald er sich bildet, stirbt die Oberhaut selbst ab. Der Kork ersetzt dann die Epidermis. Die anfänglichen Korkzellen sterben ab, d. h. sie verkorken, von ihnen aus entwickeln sich nach Innen zu neue Korkzellen, durch Theilung der ältern u. s. f. —

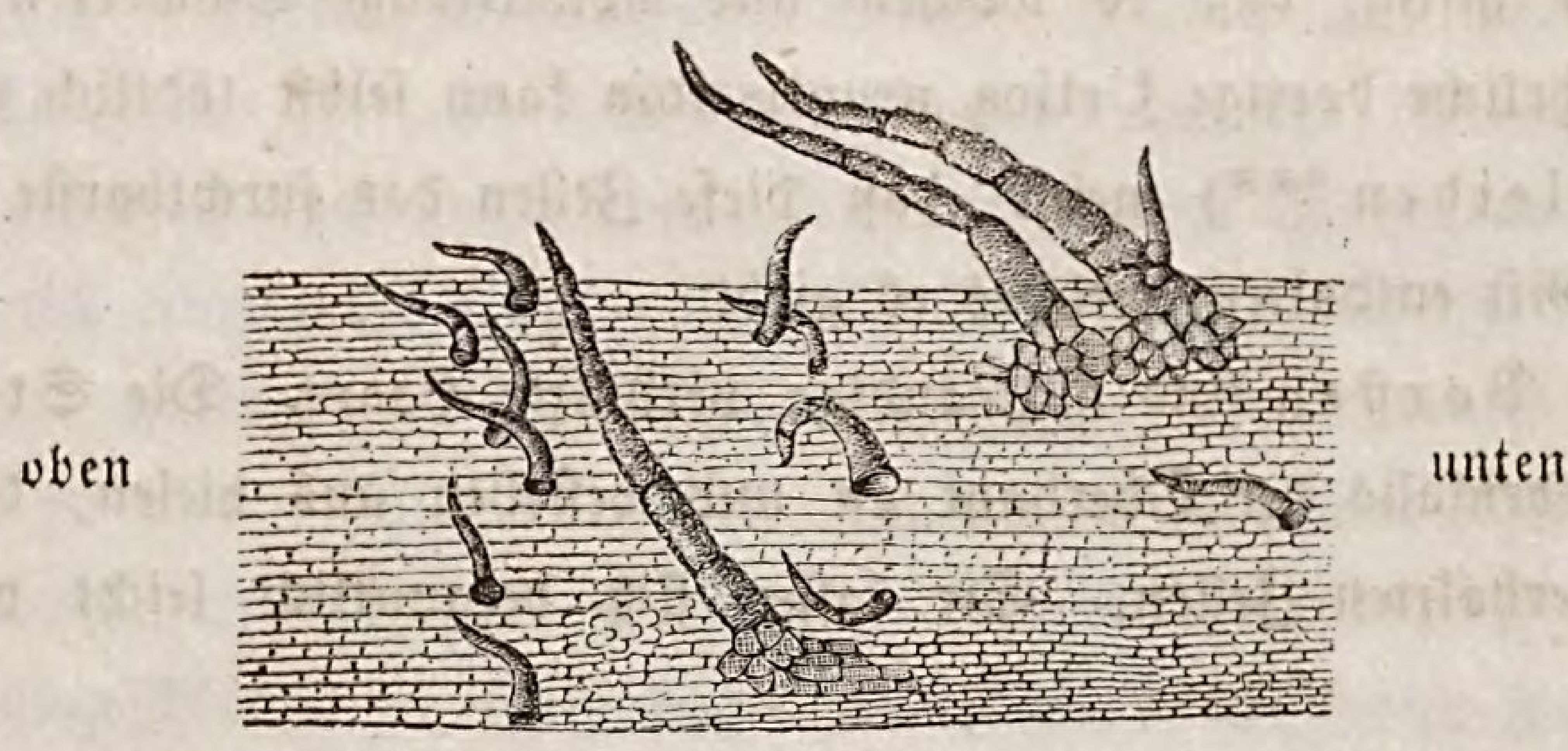
Die Haare sind verlängerte Zellen der Oberhaut; sie sind wie diese von der Cuticula überzogen und bilden unter Umständen auch Cuticularschichten. Sie sind einzellig oder mehrzellig, verzweigt oder nicht verzweigt, sternförmig oder gegliedert (Fig. 83 u. 84). — Die

Fig. 83.



Einzellige Haare vom Blumenkelch der Stockrose.*)

Fig. 84.

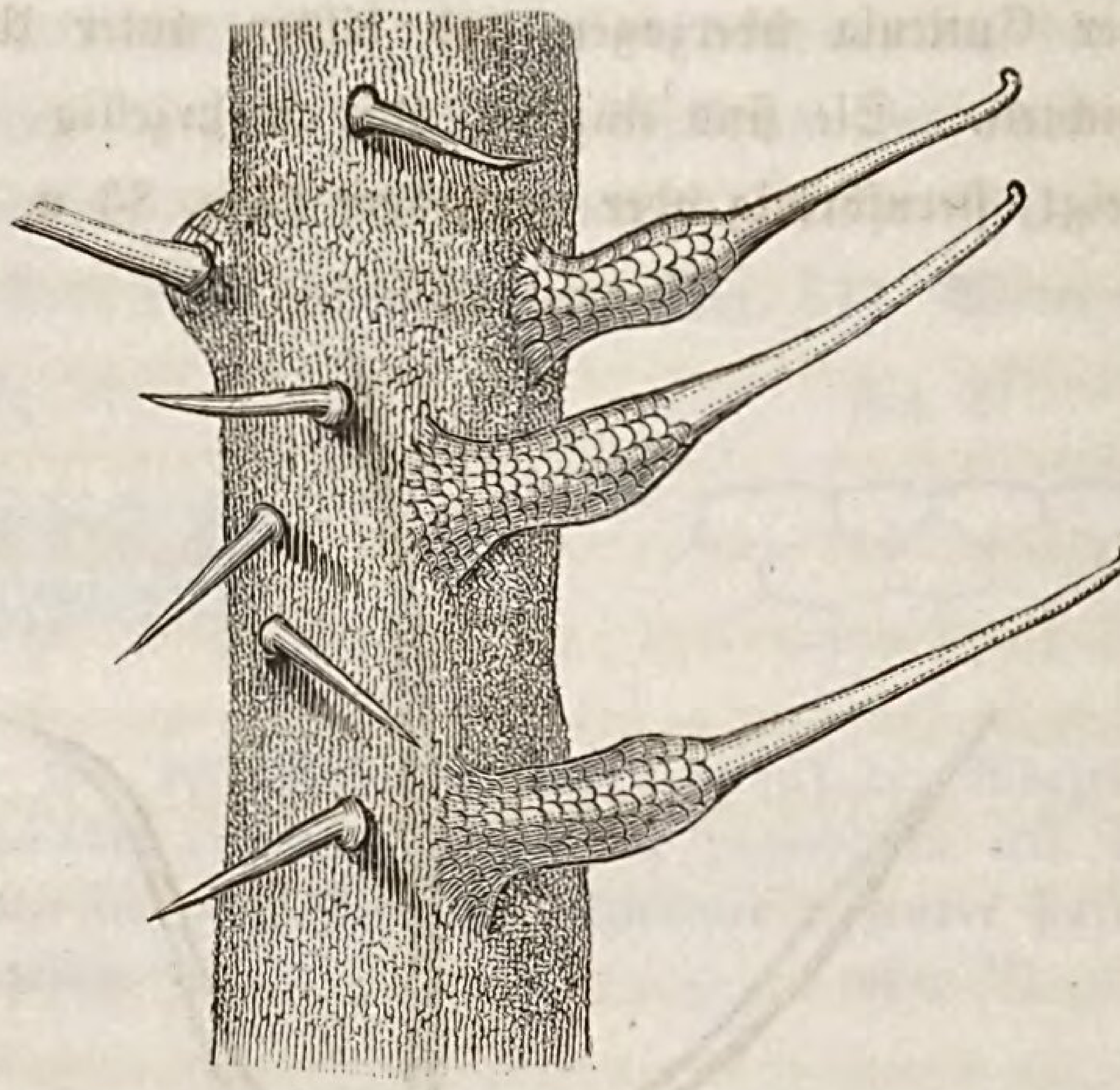


Mehrzellige Haare vom Blattstiel der Kartoffel.**)

*) u. **) Nach der Nat. gez. (40 Mal vergr.)

bekannten Brennhaare der Nesseln bestehen aus solchen verlängerten Oberhautzellen. Sie haben schon in der ersten Zeit einen seitlich gekrümmten Knopf. Bis zu einer gewissen Region hin sind diese Haare weich und biegsam, von da ab aber werden sie starr und glasartig spröde (Fig. 85), so daß sie bei der leisesten Berührung abbrechen.

Fig. 85.



Haare vom Blattstiel der gemeinen Brennnessel. *)

In solchem Falle ergießt sich dann der scharfe, giftige Saft des Brennhaars, dessen verletzende Eigenschaft wir an unsrer gewöhnlichen Brennnessel kennen. **) Dieses Gift ist in einigen ostindischen Nesseln so scharf und giftig, daß es wochen- und monatelange Schmerzen erregt. Die gefährliche dortige Urtica urentissima kann selbst tödtlich verletzen und Schleiden ***) meint, daß diese Zellen das furchtbarste vegetabilische Gift enthalten, welches es giebt.

Die Borsten sind dickwandige, verholzte Haare. Die Stacheln gehören ebenfalls der Oberhaut an und bestehen aus vielen, dickwandigen, verholzten Zellen. Sie lassen sich bekanntlich leicht von der

---

*) Nach der Natur gezeichnet.

**) Vgl. Schacht a. a. O. S. 234.

***) Grundz. d. wissenschaftl. Botanik. S. 282.

Oberhaut trennen, weil sie mit dem unter derselben liegenden Gewebe in keinem organischen Zusammenhang stehen. Die ihnen ähnlichen Dornen stehen dagegen mit dem Holzring in unmittelbarer Verbindung. —

Damit werden wir uns ein Bild von dem innern Bau der Pflanze entwerfen können. Durchlaufen wir zum Schluß noch in aller Kürze den Gang der Entwicklung der ganzen, und zwar der höher entwickelten Pflanze. —

Der in dem Saatkorn derselben enthaltene Keim, welcher sich in dem Fruchtknoten der mütterlichen Pflanze aus einer einfachen Zelle entwickelte, besteht aus einer Anhäufung von Zellen, welche in Folge einer freien Zellenbildung in der Mutterzelle entstanden. Diese Zellen stellen einen bald mehr rundlichen, bald länglicheren Körper dar, an dem man aber immer schon ein dickeres und dünneres, ein für die Entwicklung des Stammes und der Wurzel bestimmtes Ende unterscheiden kann. — Wird jetzt das Saatkorn unter seine Entwicklung begünstigende Umstände gebracht, in den Erdboden u. s. w., so beginnen jene Zellen rasch sich auszudehnen und durch Theilung zu vermehren; sie zersprengen die Hülle, welche sie einschloß, und zunächst drängt sich das Würzelchen aus dieser hervor. Aber während derselben Zeit hat sich auch schon das dickere Ende des Keims weiter ausgebildet; auch der erste Anfang des Stammes und die Saamenlappen, als erste blattförmige Organe, treten aus der Hülle heraus, und während das Würzelchen sich zur Erde wendet, wenden sich Stamm und Saamenlappen dem Lichte zu. — Beide, Stamm und Wurzel, gehen je aus einer Knospe, einer Stamm- und einer Wurzelknospe hervor. Die Wurzelknospe wächst nach unten hin, und immer an der Spitze; aus ihr entwickeln sich einmal die Haupt- oder Pfahlwurzel, andrerseits die Nebenwurzeln; unter Umständen ist sie auch fähig, sog. Adventiv-Stammknospen zu bilden, und es können dadurch neue Pflanzen-Individuen (sog. Ausläufer) aus ihr hervorgehen. Die Stammknospe liegt zunächst eingeschlossen in einem Lager von Zellen, aus denen sich die sog. Saamenlappen oder Cotyledonen bilden; an ihr selbst aber unterscheidet man die Terminalknospe und den Stammtheil. Das innere Gewebe dieses Stammtheils, der zwischen der Terminalknospe

und der Wurzelknospe liegt, nennt Schacht *) das Keimlager, aus welchem sich das Cambium und die Gefäßbündel entwickeln. Das Längenwachsthum jedes Stammes erfolgt nun unter der Terminalknospe durch Bildung neuer Zellen und Ausdehnung der bereits entstandenen. Unter dieser Terminalknospe entstehen auch die Blätter; die Terminalknospe selbst bleibt gewissermaaßen beständig jung. Die Gefäßbündel setzen sich aus der Mitte des Stammes in die jungen Blätter hinein fort; in der ersten Anlage bilden die Blätter einen zelligen Kreis (Monocotyledonen) oder Halbkreise (Dicotyledonen). — Stamm und Blatt bilden zusammen einen Winkel. In diesem entwickeln sich die sog. Axillarknospen, die, der Stammknospe ganz analog, nun die Entwicklung eines Zweiges bedingen. — Entwickeln sich noch an einem andern Theile des Stammes Knospen, so nennt man dieselben Adventivknospen und da diese überall da entstehen können, wo Gefäßbündel vorhanden sind, so können sie unter Umständen auch am Blatte entstehen. Die Blüthe der Pflanze entwickelt sich endlich aus der Stammknospe. Die Blattkreise der Blüthe sind: der Blumenkelch, die Blumenblätter und die Staubfäden. Sie entwickeln sich ebenso wie die Blätter des Stammes unterhalb der Terminalknospe, unterhalb des sog. Vegetationspunktes, und sind nur als modificirte Blätter zu betrachten. In ihrer gegenseitigen Stellung und in ihrer Ausbildung kommen die größten Verschiedenheiten vor. — Bis zu der Bildung dieser Blüthentheile bleibt der Vegetationspunkt ein flacher oder gewölbter Kegel. Später entwickelt auch er sich weiter zum Fruchtknoten, der in seinem Bau ebenfalls wieder große Verschiedenheiten zeigt. Er bildet in der Regel eine durch den Staubweg, der bei vielen Pflanzen in dem sog. Stempel oder Pistill liegt, nach oben geöffnete Höhle, deren Grund unter allen Bedingungen dem Stamm angehört; — seine Lage wechselt; bald befindet er sich oberhalb, bald unterhalb der die Blüthe constituirenden Blattkreise.

Blüht endlich die Pflanze, so fallen die in den sog. Antheren der Staubfäden gebildeten Staub- oder Pollenkörner (einfache Zellen) auf den Stempel oder die denselben vertretenden Organe nieder, dehnen sich

---

*) Die Pflanzenzelle. pag. 289.

schlauchförmig aus und dringen so durch den Stempel hindurch in den Fruchtknoten ein, um sich hier mit der in demselben entwickelten Keimzelle zu verbinden. Ob dabei der unterste Theil des Pollenschlauches, wie Schacht behauptet, sich abschnürt und, in die Keimzelle eindringend, die Urzelle der künftigen Pflanze bildet, oder ob die Keimzelle nur durch Anlagerung des Pollenschlauches und Vermischung ihres Inhalts mit dem des Pollenschlauches zur weitern Entwicklung befähigt wird, darüber sind die Botaniker noch nicht ganz einig. Wie aber immer, in der Keimzelle findet alsbald wieder die freie Bildung von Tochterzellen Statt, und indem um sie herum gleichzeitig eine Anzahl von Zellen sich bildet, indem jene sowohl, als diese sich mit den ersten Nahrungsstoffen für das demnächstige junge Pflänzchen füllen (Stärkemehl, Fett, stickstoffhaltige und unorganische Stoffe), ist das neue Saamenkorn fertig. Mit allen erforderlichen Eigenschaften ausgerüstet, entwickelt es sich, unter die erforderlichen Verhältnisse gebracht, zu einem dem mütterlichen gleichen pflanzlichen Organismus. —

So haben wir uns in aller Kürze auch von der Entwicklung der Pflanze eine Vorstellung verschafft. In welcher Weise der Baum heranwächst, wie sein Inneres dem bewaffneten Auge erscheint, davon können wir uns jetzt Rechenschaft ablegen, und denken wir an unser obiges Bild zurück, so werden wir es schon mit andern Augen betrachten, als dort. Die Pflanze oder der Baum als Ganzes erfreuen uns und ziehen uns durch ihre äußere Schönheit und Pracht in hohem Grade an; aber in noch höherm Grade ist dies mit dem innern Bau derselben der Fall, und es ist die Bewunderung begreiflich, mit der ein Jeder zum ersten Male das überraschend prächtige Bild des Pflanzengewebes unter dem Microscope betrachtet. Was wir in dürftigen Holzschnitten zur Veranschaulichung der Structur- und Bildungsverhältnisse der Pflanzenzelle gegeben, bietet nur ein schwaches Bild der Natur dar. Möchte es Vielen ein Antrieb sein, sich mit Hülfe des Microscopes an den unnachahmbaren Naturerzeugnissen selbst zu erfreuen, der Unterschied des Genusses wird ein noch größerer sein, als derjenige, welchen wir beim Anblick der Landschaft selbst und bei dem eines wenn auch treuen Bildes derselben empfinden. — Die Betrachtung eben dieses

stets und leicht zugänglichen Theiles der Natur verschafft uns dazu insonderheit eine nur zu oft willkommene Ruhe und freudige Erhebung. Wir stehen Gegenständen gegenüber, in denen kein Widerspruch, kein Kampf streitender Kräfte waltet, deren stilles Sein und Leben vielmehr auf den Beschauer selbst eine wohlthuende Ruhe überträgt, deren prachtvolle Erscheinung in Form und Farbe andrerseits einen stets neuen Genuß bereitet. Aber nur dann ist der Genuß vollkommen, wenn sich dem Anschauen selbst ein klares Verständniß der Bedeutung des Gegenstandes verbindet; ermüden würde das Auge, wenn ihm der Geist nicht durch immer neue Fragen die lebendige Frische erhielte. Möchte unsre kurze obige Darstellung, deren ungeschmückte Form dem Gegenstande nur wenig entspricht, ein solches Verständniß schon ermöglichen und zur Stellung weiterer Fragen wenigstens die Ausgangspunkte zu bilden geeignet sein. Der Umfang des Gegenstandes ist ein unendlich weiter, weiter als daß er sich auf wenigen Seiten zusammenfassen ließe; doch die richtige Erkenntniß der hauptsächlichen Verhältnisse des Baues und der Bildung der Pflanze ist schon eine hinreichende Fessel für die eigene, weitere Forschung; die gehoffte Anregung zu dieser muß die Lücken unserer Darstellung füllen. —

Achter Vortrag.

Das Leben der Pflanze.

Noch todt steht der zartgefügte Bau vor uns da. Machten aber in unserm obigen Bilde Wiese und Wald nicht den Eindruck lebensvoller Frische auf uns? Sehen wir nicht die Pflanzenwelt alljährlich von Neuem grünen, wachsen, blühen und Frucht tragen, und zeugt nicht jede dieser Erscheinungen von einem in ihr waltenden regen Schaffen und Leben? Es soll die Aufgabe der vorliegenden Betrachtung sein zu untersuchen, was die Pflanze zur Bildung tausendfältig verschiedener Stoffe befähigt, was ihr inneres „Leben" bedingt.

Schon haben wir die einzelnen Nahrungsstoffe der Pflanze kennen gelernt. Wie aber gelangen dieselben in das zarte Gewebe hinein? Wie und durch welche Kraft gehoben verbreiten sie sich in ihm? Wie, wo und wodurch mischt sich der rohe Stoff der Erde und Luft, um die Pflanze selbst, um ihr prachtvolles Kleid, um ihre Früchte, die dem Thiere wieder zur Nahrung dienen sollen, zu bilden? Sagen wir es kurz. Was wir das Leben der Pflanze nennen, ist Nichts, als das Resultat einer Reihe wunderbar ineinandergefügter chemischer und physikalischer Vorgänge, die, wie an jeder einzelnen Zelle, so an der ganzen Pflanze ihr rastloses Spiel treiben. Mit der richtigen und bis ins Kleinste klaren Erkenntniß dieser, wird uns auch das Leben der Pflanze in jeder Hinsicht bis zur lichtvollen Klarheit erschlossen sein. Und ob uns auch zur Zeit noch das tiefere Verständniß mancher jener einzelnen Vorgänge fehlt, ob wir auch noch nicht die wunderbare Ineinanderfügung und Wechselwirkung derselben durchschauen, im Allgemeinen läßt uns der heutige Stand der Wissenschaft an der Wahrheit unseres Ausspruches nicht mehr zweifeln. Ein näheres Eingehen auf unsere obigen

Fragen wird den Beweis dafür liefern. Was feststehende Thatsache, was mehr oder weniger sichere Vermuthung, was bis dahin unerklärte, doch nicht mehr unbegreifliche Erscheinung ist, wird uns gleichzeitig offenbar werden. —

Die Pflanze nimmt zunächst ihren Nahrungsstoff aus ihrer Umgebung auf; der aufgenommene Stoff verbreitet sich in ihr nach allen Richtungen. Durch welche Mittel und auf welchen Wegen werden Stoffaufnahme und Saftverbreitung in ihr ermöglicht?

Erinnern wir uns daran, daß die Pflanzenzelle ein nach allen Seiten hin geschlossenes Gebilde ist, daß sie weder Poren noch Lücken in ihrer Wandung besitzt, so ist es damit schon von selbst klar, daß sie keine Stoffe in fester Form aufzunehmen im Stande ist. Allein die Zellhülle hat in hohem Grade die Fähigkeit gasförmige sowohl, als tropfbar-flüssige Stoffe durch sich hindurchzulassen, und was in dieser Form mit ihr in Berührung gebracht wird, vermag allerdings in die Zelle einzudringen, was ihr andrerseits als Nahrungsmittel dienen soll, muß ihr in dieser Form geboten werden. Hat die Natur nun aber nicht Sorge dafür getragen, daß die Nahrungsstoffe ihr auch nur als gasförmige oder tropfbar-flüssige zuströmen? Die Bestandtheile der Luft, welche wir als solche kennen lernten, sind eben nur gasförmig; die festen Bestandtheile des Erdbodens löst der befruchtende Regen auf und in wässriger Lösung dringen dieselben in die Wurzelzellen ein. Man begegnet gar oft der Vorstellung, als sei der Regen nur deshalb von so hoher Bedeutung für die Pflanze, weil sie des Wassers an und für sich ständig bedarf. Uebersehen wir es jedoch nicht, daß er noch eine zweite und nicht minder hohe Bedeutung eben dadurch besitzt, daß er das nothwendige Lösungsmittel für die festen Bestandtheile, für die unorganischen Verbindungen des Bodens bildet und dieselben damit allein zum Uebertritt in die Pflanze befähigt.

In wässriger Lösung also oder in Form eines Gases treten alle Nahrungsstoffe in die Pflanzen ein. Ist es jedoch der Willkür der Zellen überlassen, wie viel und welche Stoffe sie aufnehmen wollen? Oder haben etwa die Nahrungsstoffe selbst ein bald größeres, bald geringeres Streben, die Zellwand zu durchdringen, um sich in ihr zu verbinden und neu zu gestalten? So wenig, wie irgendwo in dem Geschehen in

der Natur handelt es sich auch hier um eine Willkür, einen Zufall. Was uns als Act derselben erscheinen möchte, ist auch hier ein streng gesetzlich geregelter Vorgang, ein Vorgang, welcher, mit wunderbarer Weisheit geordnet, von der größten Bedeutung für das ganze Leben der Pflanze ist.

Es ist eine bekannte Erscheinung, daß, wenn man eine dickflüssige Lösung von Zucker und Gummi oder eine sehr concentrirte Lösung von Salz behutsam mit Wasser übergießt, zunächst das Wasser über der Flüssigkeit stehen bleibt; daß alsbald aber an der Grenze beider Flüssigkeiten ein derartiger Austausch zwischen ihnen einzutreten beginnt, daß die dichtere Flüssigkeit an die dünnere einen Theil ihrer Bestandtheile abgiebt und sich andrerseits durch Aufnahme des Wassers verdünnt; daß sich allmählig ferner dieser Vorgang durch die gesammten Flüssigkeitsmengen hindurch fortsetzt und erst dann aufhört, wenn die ganze Masse eine mehr oder weniger gleichförmige Mischung erlangt hat. Ganz derselbe Vorgang findet nun Statt, wenn man die beiden ursprünglichen Flüssigkeiten durch eine Pflanzenmembran oder durch eine thierische Haut trennt. Es geht hier ein ganz ähnlicher Austausch der Flüssigkeiten, wie in dem obigen Falle durch die Membran hindurch vor sich; die trennende Haut übt zunächst eine bestimmte Anziehungskraft auf die beiderseitigen Stoffe aus, aus der Membran, die sich mit den Stoffen tränkt, zieht die eine Flüssigkeit gleichsam die ihr gegenüberstehende heraus, bis schließlich auch hier, jenseits und diesseits der Membran, die Mischung eine mehr oder weniger gleichförmige geworden ist. Und nicht nur dann hat dieser Austausch der Flüssigkeiten Statt, wenn sich auf der einen Seite der Membran Wasser, auf der andern eine zusammengesetzte Flüssigkeit befindet; auch dann geht er vor sich, wenn an die Stelle des Wassers eine gemischte Flüssigkeit tritt. Die dünnere Flüssigkeit wird immer zu der mehr concentrirten hinströmen und die einzelnen Bestandtheile beider Flüssigkeiten werden sich immer gegenseitig zum Theil austauschen und vermischen, bis endlich auch hier ein gewisser Gleichgewichtszustand eingetreten ist. — Wir haben damit ein Bild im Großen von dem Vorgange, wie er im Kleinen an jeder Pflanzenzelle beobachtet werden kann. Wie eine jede Pflanzenzelle, so sind auch die Zellen des im Saamenkorn ruhenden Keimes, mit eiweiß-

artigen, stickstofffreien und unorganischen Stoffen erfüllt. Die Zellhülle trennt diese Stoffe von der nächsten Umgebung. Besteht diese nun aber in einer wässrigen, mit irgend welchen Stoffen geschwängerten Flüssigkeit, so wird der eben erwähnte, sog. Diffusionsstrom entstehen; die wässrige Flüssigkeit wird durch die Zellhülle hindurch in die Zelle eintreten, Theile des Inhalts derselben werden andrerseits aus ihr heraustreten; der Inhalt der Zelle wird sich dem entsprechend verändern, und was wir als erste Lebenserscheinung, als erste Stoffaufnahme am keimenden Saamen beobachten, ist in der That durch diese Vorgänge bedingt. Das Quellen des Samenkorns, die Ausdehnung, welche wir an den Zellen des Keimes wahrnehmen, sie sind die Folge einer Aufnahme von Wasser und etwaigen darin gelösten Stoffen in das Innere der Zelle; und wenn, wie Edwards und Colin beobachteten, *) das Wasser, auf welchem man Samenkörner keimen läßt, eine saure Beschaffenheit annimmt, so ist damit der Beweis geliefert, daß auch gewisse Bestandtheile des Zelleninhalts aus der Zelle heraus und in das Wasser hineintreten. Für das aufgenommene Wasser giebt die Zelle einen Theil ihres Stärkmehls oder Zuckers her, das Stärkmehl verwandelt sich in Gummi, das Gummi in Zucker, das Zucker in Essigsäure, und durch diese eben erhält das Wasser seine saure Beschaffenheit. — Wir nennen, nach Dutrochet's Vorgang, die Strömung der Flüssigkeit von außen in die Zelle hinein, die endosmotische, diejenige von innen nach außen, die exosmotische; jenen Vorgang bezeichnen wir mit dem Ausdruck der Endosmose, diesen mit dem der Exosmose. Noch oftmals werden wir uns im Laufe der fernern Vorträge dieser Worte bedienen müssen. —

Die Forschungen von Graham, Magnus, Liebig, Jolly, Ludwig, Cloëtta u. A. haben nun aber noch weiter geführt. Sie haben dargethan, daß ein solcher Strom, ein solch' gegenseitiger Austausch zwischen zwei durch eine Membran getrennten Flüssigkeiten nicht nur überhaupt stattfindet, sondern daß er zwischen bestimmten Substanzen auch nach ganz bestimmten Gesetzen erfolgt, daß bestimmte Substanzen sich in ganz andern Mengenverhältnissen austauschen, als

---

*) Vgl. Berzelius Lehrbuch der Chemie. 1847. Bd. 4. S. 100.

andre, und daß die Beschaffenheit der trennenden Membran selbst einen bedeutenden Einfluß auf den ganzen Vorgang ausübt. So fand man, daß, je nach der Zusammensetzung der auf der einen Seite der Haut befindlichen Flüssigkeit, das auf der andern Seite derselben befindliche Wasser bald langsamer, bald rascher durch die Membran hindurchtrete, und daß für verschiedene Stoffe bald mehr, bald weniger Wasser eingetauscht werde. Nach Graham's und Jolly's Versuchen treten z. B. für ein austretendes Gewichtstheil Glaubersalz etwa 11 Gewichtstheile Wasser in die Zelle ein; für ein austretendes Gewichtstheil Zucker etwa 7 Gewichtstheile Wasser, und für ein austretendes Gewichtstheil Eiweiß nicht ganz ein gleiches Gewichtstheil Wasser. Ist es nicht einleuchtend, welche Bedeutung diese Verhältnisse für die Entwicklung der Pflanze haben müssen? Eine jede Art von Saamen hat ihre besondere, chemische Zusammensetzung. Die eine enthält mehr stickstoffhaltige Verbindungen, die andere mehr Stärkmehl, Zucker, Fett u. s. w., die eine enthält neben den organischen Verbindungen vorzugsweise alkalische Erden (Kalk, Magnesia u. s. w.), die andere vorzugsweise Alkalien (Kali, Natron u. s. w.); dort findet sich vorwiegend Phosphorsäure und Schwefelsäure, hier vorwiegend Pflanzensäure oder Kieselsäure u. s. w. Eine jede dieser Substanzen hat aber den Ernährungsflüssigkeiten des Bodens gegenüber ihr bestimmtes „endosmotisches Aequivalent." Müssen also nicht auch, je nach der Zusammensetzung des Saamenkorns oder dem Inhalt der Zellen des Pflanzenkeims bestimmte en- und exosmotische Strömungen entstehen? Wird nicht der eine Saamen mehr von diesen, der andre mehr von jenen, der eine nur diese, der andre nur jene der umgebenden Stoffe aufnehmen müssen? Was wir mit großer Wahrscheinlichkeit vermuthen, ist durch die lehrreichen Versuche von Trinchinetti und Saussure zur Gewißheit erhoben. Trinchinetti stellte verschiedene Pflanzenarten in Mischungen von zwei einander nicht zersetzenden Salzlösungen, und es zeigte sich, daß die eine Pflanze vorzugsweise das eine, eine andere Pflanze das andre Salz aufnahm. So nahmen aus Mischungen von Salpeter und Kochsalz Mercurialis annua und Chenopodium viride viel Salpeter und wenig Kochsalz, umgekehrt dagegen Satureja hortensis und Solanum Lycopersicum viel Kochsalz und wenig Salpeter auf; aus einer Mischung von Salmiak

und Kochsalz hinwieder nahm Mercurialis viel Salmiak, Vicia faba dagegen viel Kochsalz auf. Saussure andrerseits wies nach, daß ein und dieselbe Pflanze von verschiedenen in Wasser aufgelösten Substanzen sehr ungleiche Mengen aufnahm. Er ließ jedesmal die Hälfte der Salzauflösung von einem Polygonum persicaria einsaugen, es hätten also auch von der gelösten Substanz 50 Proc. eingesaugt werden müssen; statt deren wurden thatsächlich aber nur aufgenommen:

von	salzsaurem Kali	14,7 Proc.
„	Kochsalz	13 „
„	salpetersaurem Kalk	4 „
„	schwefelsaurem Kalk (Gyps) . .	14,4 „
„	salzsaurem Ammoniak (Salmiak)	12 „
„	essigsaurem Kalk	8 „
„	schwefelsaur. Kupfer (Kupfervitriol)	47 „
„	Gummi	9 „
„	Zucker	29 „
„	Dammerdeextract	5 „ *)

So also ist die Stoffaufnahme der Pflanzenzellen regulirt und von strengen Gesetzen beherrscht. Jeder Saamen muß bestimmte Stoffe aufnehmen und andre Stoffe abgeben; er muß und kann nur diejenigen aufnehmen, welche einmal für seine naturgemäße Entwicklung als erforderlich bestimmt sind, und in keinen andern, als in diesen Verhältnissen liegt es begründet, daß sich verschiedene Saamenkörner, auf ein und denselben Boden gepflanzt, doch zu ganz verschiedenen Pflanzen entwickeln und ganz verschiedene Produkte liefern. Man muß es, um diese auffallende Thatsache zu erklären, festhalten, daß jedes Saamenkorn eine bestimmte stoffliche Zusammensetzung hat und daß diese Zusammensetzung der Ernährungsflüssigkeit des Bodens gegenüber ganz bestimmte Diffusionsströme, die Aufnahme ganz bestimmter Substanzen, und damit endlich ganz bestimmte weitere chemische Bildungsvorgänge

*) Vgl. H. v. Mohl: Die Pflanzenzelle in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. IV. S. 226.

bedingt. Was aber für die ersten Zellen gilt, gilt nachher in tausendfältiger Wiederholung auch für die ganze Pflanze, und nichts anderes also, als die erste stoffliche Grundlage, die specifische Mischung des Inhaltes der Zellen des Keimes ist es, was die stoffliche Zusammensetzung der ganzen Pflanze späterhin bedingt.

Wie mit den Flüssigkeiten des Bodens, so verhält es sich nun auch mit den gasförmigen Bestandtheilen der Luft. Wie jene, so dringen auch diese durch die Zellhülle hindurch in die Zellen, insonderheit der Blätter der Pflanze, ein, sei es, daß sie sofort von derselben aufgenommen werden oder daß sie zunächst durch Spaltöffnungen an der Oberfläche der Pflanze in die Zwischenzellgänge oder Luftlücken eintreten, um von dort aus in das Innere der Zellen überzugehen. Und auch diese Gasaufnahme ist von strengen Gesetzen beherrscht. Ganz ähnlich wie oben von Gesetzen des gegenseitigen Austausches, der Diffusion verschiedenartig gemischter, tropfbarer Flüssigkeiten die Rede war, haben uns hier die Arbeiten von d'Alton, Graham, de Saussure, Mitscherlich u. A. Gesetze kennen gelehrt, welche wir die der „Diffusion der Gase nennen; wie dort, so ist auch hier Quantität und Qualität der aufzunehmenden Stoffe von dem Inhalte der Zellen selbst abhängig. Man weiß, daß eine Flüssigkeit, welche mit einem Gase in Berührung steht oder von ihr durch eine mit derselben Flüssigkeit getränkte Membran getrennt ist, von dem Gase, je nach der Beschaffenheit desselben und der Flüssigkeit selbst, immer nur ein bestimmtes Volumen aufnimmt, wobei selbstverständlich der Druck, unter welchem das Gas steht, eine bedeutende Rolle spielt. So absorbiren 100 Volumina Wasser bei 28'' Barometerstand und 15° C. Temperatur: 6,5 Vol. Sauerstoff, 4,2 Vol. Stickstoff, 106 Vol. Kohlensäure; 100 Vol. Zuckerwasser von 1,104 spec. Gew. absorbiren 72 Vol. Kohlensäure, 100 Vol. Gummiwasser von 1,092 spec. Gew. 75 Vol. Kohlensäure. Enthält demnach eine Pflanzenzelle unter übrigens gleichen Verhältnissen mehr Zucker oder Gummi und weniger Wasser, als eine andere, so wird sie weniger Kohlensäure aufnehmen, als diese. Aber es besitzen verschiedene Flüssigkeiten für verschiedene Gase auch einen verschiedenen und bestimmten Sättigungsgrad. Wenn eine Flüssigkeit von einem Gas mehr enthält, als sie nach der Natur des Gases, der Flüssigkeit und dem

Druck, unter welchem das Gas steht, aufgelöst zu halten vermag, so entweicht der Ueberschuß. So vermag z. B. Wasser nur 6,5 Proc. seines Volumens an Sauerstoff aufgelöst zu erhalten, eine Auflösung von Gummi oder Zucker nur 4,6 Proc. Wissen wir nun aber, daß die Bildungsvorgänge in der Pflanze von einem Freiwerden von Sauerstoff begleitet sind, so ist es selbstverständlich, daß immer auch nur bestimmte Mengen desselben von dem flüssigen Inhalt der Zellen, von dem Zellsafte aufgelöst erhalten werden können, ein etwaiger Ueberschuß freigewordenen Sauerstoffs aber entweichen muß. So ist also die Exhalation des Sauerstoffs der Pflanze auch in bestimmter Weise gesetzlich geregelt. — Ist ferner eine Flüssigkeit bei bestimmtem Luftdruck von einem Gase gesättigt und kommt sie dann bei demselben Drucke mit einer andern Gasart in Berührung, so findet ein bestimmter, je nach der Auflöslichkeit beider Gasarten verschiedener Austausch Statt; es entweicht ein Theil des früher absorbirten Gases und ein Theil des freien Gases wird aufgenommen. Denken wir uns also den mit Sauerstoff gesättigten Pflanzenzellsaft oder die Zellhülle — denn das Dazwischentreten einer Membran ändert auch hier nichts an dem Vorgange — von Kohlensäure umgeben, so wird auch ein Austausch beider Gase eintreten; es wird Sauerstoff aus der Zelle heraus- und Kohlensäure dafür in sie hineintreten. — Haben endlich Flüssigkeiten eine chemische Verwandtschaft zu bestimmten Gasarten, so ziehen sie dieselben an, einerlei ob sie in freier Berührung mit ihnen stehen oder durch eine Membran von ihnen getrennt sind, und auch dieses Verhältniß hat einen bedeutenden Einfluß auf die Aufnahme von Gasen von Seiten der Pflanze. So haben z. B. ätherische Oele eine chemische Verwandtschaft zum Sauerstoff und sie absorbiren denselben, um Harze mit ihm zu bilden. Zuletzt bedarf es noch der Erwähnung, daß die Pflanze mit ihren Spaltöffnungen, Intercellulargängen und Intercellularräumen ein sehr poröser Körper ist und daß solche Körper in hohem Grade die Fähigkeit besitzen, Gase zu verdichten. Auch dieses Verhältniß ist also sicherlich bei dem verschiedenartigen Bau der Pflanzen für die Aufnahme der gasförmigen Luftbestandtheile von Seiten derselben von hoher Bedeutung, ähnlich wie die erst neuerdings mit Hülfe des Microscopes näher erkannte verschiedenartige Porosität der Eierschalen wahrscheinlich von hoher Wichtigkeit ist für die

Aufnahme und Abgabe von Gasen von Seiten des Eierinhalts und des sich innerhalb der Schale entwickelnden Vogelembryos.

Diese verschiedenen physikalischen Verhältnisse und Gesetze, *) deren für die Pflanzenphysiologie genügende Erkenntniß jedoch keineswegs schon erreicht ist, reguliren also die Aufnahme und Abgabe der gasförmigen Nahrungsstoffe der Pflanze. — Es ist uns schon von früher her bekannt, daß alle grünen Pflanzentheile bei Tage Kohlensäure aufnehmen und Sauerstoff aushauchen, Nachts dagegen umgekehrt Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure abgeben, daß ferner alle nicht grünen Pflanzentheile, als Rinde, Wurzel u. s. w. auch bei Tage Sauerstoff absorbiren und Kohlensäure exhaliren. Durch die Untersuchungen von de Saussure**) und Boussingault***) sind diese Thatsachen zweifellos dargethan. Wir wissen jetzt, daß je nach dem Inhalt der Pflanzenzellen, je nach der Art der Gase, je nach dem Drucke endlich, unter welchem die letztern stehen, jene Vorgänge verschieden ausfallen müssen; bald wird eine größere, bald eine geringere Quantität von diesem oder jenem Gase fixirt werden und es müssen sich darnach selbstverständlich auch die Bildungsvorgänge innerhalb der verschiedenen Pflanzen verschieden gestalten. Wir führten oben die verschiedenartige Entwicklung von Pflanzen an gleichen Standorten darauf zurück, daß die ersten Zellen des Keimes und ebenso alle spätern, aus ihnen hervorgehenden, je nach der chemischen Zusammensetzung ihres Inhalts verschiedene Mengen verschiedener in Wasser gelöster Stoffe auffaugen; wir müssen jetzt ebenso dem Inhalte der ersten und aller späterhin mit gasförmigen Stoffen in Berührung kommenden Zellen, zufolge seiner Eigenschaft, verschiedene Mengen verschiedener Gase zu absorbiren und zu fixiren, einen gleichfalls bedeutenden Einfluß auf das Quale der Bildungsvorgänge in den verschiedenen Pflanzen zuschreiben. Bald wird mehr Kohlensäure aufgenommen, bald mehr Sauerstoff in der Pflanze fixirt werden; die endlichen Bildungsprodukte werden darnach auch verschieden ausfallen müssen. Daß aber von der Pflanze der Stickstoff der Luft direct gar

*) Vgl. Schleiden Grundz. der wissenschaftl. Botanik II. S. 483.
**) Recherches chimiques sur la végétation. —
***) Économie rurale.

nicht aufgenommen wird, wie es früher bereits hervorgehoben und von Boussingault bewiesen wurde, muß ebenfalls auf diese Verhältnisse zurückgeführt werden; die Nichtaufnahme bestimmter Gase von Seiten der Pflanze ist ebenso gesetzlich geregelt, wie die Aufnahme. —

So viel über diesen Gegenstand. Von selbst drängt sich jetzt die Frage auf, wie denn die flüssigen, aus dem Erdboden aufgesogenen Nahrungsstoffe, wie ferner die doch immer nur von oberflächlich gelegenen Zellen absorbirten Gase in dem Pflanzenorganismus verbreitet werden? „Wenige einfache Experimente," sagt Hugo von Mohl, „lassen darüber keinen Zweifel übrig." Die wässrigen Flüssigkeiten werden zunächst von den oberflächlich gelegenen Zellen der Wurzelrinde aufgenommen; sie fließen dann aber nicht in der Rinde weiter, sondern treten schon in den kleinen Wurzeln in das Holz über und steigen in diesem durch den Stamm und die Aeste in die Höhe. Der Beweis hierfür liegt in zwei Thatsachen. Schneidet man die Rinde einer Pflanze, am besten eines Baumes, ringförmig bis auf das Holz durch, so leidet die Zuführung der Säfte zu den über der Wunde gelegenen Theilen der Pflanze keine Unterbrechung; schneidet man dagegen mit möglichster Schonung der Rinde das Holz quer durch, so vertrocknet der oberhalb der Wunde gelegene Theil der Pflanze sogleich." Schacht*) sagt: „Es giebt wahrscheinlich mehre aufsteigende Saftströme; das Cambium der Gefäßbündel führt zunächst den Hauptsaftstrom von der Wurzel in die obern Theile der Pflanze; das junge Holz und die jungen Gefäßzellen dienen sicherlich mit den sog. „eigentlichen Gefäßen" (vasa propria) diesem Strome. Im Umkreis der Markscheide und unterhalb der Epidermis (Oberhaut) des Stammes, wo ebenfalls im lebensthätigen Zustande dieser Theile cambiumartige (d. h. nicht verholzende) Zellen vorhanden sind, erfolgt aber wahrscheinlich ebenfalls ein aufsteigender Saftstrom," ein Strom, welcher nach Schacht's Vermuthung insonderheit reich ist an stickstoffhaltigen und unorganischen Stoffen. — „Aus dem Holze des Stammes und der Zweige," so fährt von Mohl in seiner Darstellung fort, „tritt der Saft dann in die Blätter und in diesen in das parenchymatöse Ge=

*) Die Pflanzenzelle: S. 363.

webe*) derselben über, wie schon die starke Aushauchung von Wasserdämpfen aus denselben beweist. Ehe der Saft aber in die Blätter gelangt, fehlt ihm die Fähigkeit zur Ernährung verwendet zu werden; es steht daher das Wachsthum der Pflanze still, wenn man sie ihrer Blätter beraubt. Man nennt deshalb auch den von den Wurzeln zu den Blättern in die Höhe steigenden Saft „den rohen Nahrungssaft.“ In den Blättern erleidet derselbe aber eine chemische Umwandlung, welche ihn nun fähig macht, zur Ernährung der Pflanze verwendet zu werden. Zu diesem Ende fließt der Saft von den Blättern zu den untern Theilen der Pflanze durch die Rinde zurück, wie folgende Umstände beweisen. Schneidet man im Stamme die Rinde ringsum durch, so steht das Wachsthum des unterhalb der Wunde gelegenen Theiles sofort still, der Stamm verdickt sich nicht mehr, bei Kartoffelpflanzen setzen sich keine Knollen an, u. s. w.; oberhalb der Wunde wird dagegen das Wachsthum über das gewöhnliche Maaß gesteigert, es setzen sich sehr dicke Holzlagen ab, es bilden sich mehr Früchte aus, dieselben reifen früher u. s. w. Daß derjenige Theil des Nahrungssaftes, welcher auf dem Wege zur Wurzel nicht zur Ernährung verwendet wird, durch die horizontal laufenden Markstrahlen zum Holz zurückkehrt, dafür spricht die Ablagerung von Amylum, welche in den Zellen der Markstrahlen im Herbste stattfindet.“ Es dürfte kaum auch wohl zweifelhaft sein, daß all diejenigen Stoffe, welche sich in den parenchymatösen Zellen der Zweige und des Stammes der Pflanze abgelagert finden, als Gummi, Zucker, Harze, selbst Crystalle (z. B. von oxalsaurem Kalk), aus diesem absteigenden Saftstrome herzuleiten sind; das Parenchym der ganzen Pflanze, aus dem sich auch die Rinde hervorbildete, steht unter sich in Zusammenhang und man darf deshalb mit einiger Wahrscheinlichkeit vermuthen, daß auch in den jüngern Parenchymzellen der Zweige und Blätter ein absteigender Saftstrom stattfindet. —

So beschreibt also der Saftstrom eine Art von Kreislauf auf bestimmten, durch die verschiedenen Theile der Pflanze gebildeten Wegen. Die sog. Gefäße (Spiral-, Treppen- u. a. Gefäße) führen meistens nur Luft; nur unter besondern Umständen, insonderheit bei der Ueberfüllung

---

*) S. oben S. 250.

der Pflanze mit Saft, nehmen sie an der Saftführung Theil, und dann entweder nur vorübergehend oder auch während der ganzen Vegetationszeit.

Ueber die Ursachen der Saftführung in der bezeichneten Richtung, über die senkrechte Hebung des Saftes in den „eigentlichen Gefäßen" und seine absteigende Richtung gerade in denjenigen Zellen, wo er der weitern Verarbeitung zu diesen und jenen Stoffen unterliegen soll, weiß man noch wenig Bestimmtes. Es ist außer Frage, daß die oben angeführten Verhältnisse der En- und Exosmose auch der Hebung des Saftes Vorschub leisten; es ist ferner durch die Untersuchungen von Stephan Hales und Liebig*) dargethan, daß „durch die Verdunstung des Wassers an der Oberfläche der Gewächse im Innern derselben ein leerer Raum entsteht, daß in dessen Folge Wasser und im Wasser lösliche Gase mit Leichtigkeit von außen eingetrieben und gehoben werden," daß je nach dem Feuchtigkeitsgrade der Luft die Ausdünstung der Pflanzen und damit die Zuströmung neuen Saftes u. s. w. sich ändert; Liebig selbst sagt S. 76 a. a. O. „der äußere Druck neben der Capillarität ist die Hauptursache der Verbreitung und Bewegung der Säfte." Allein weshalb steigt der Saft gerade in den Gefäßzellen in die Höhe, die doch der Endosmose weniger günstige Bedingungen darbieten, als die mit Amylon, Gummi und Zucker gefüllten Parenchymzellen? Weshalb steigt der Saft senkrecht in die Höhe und weshalb dringt er nicht schon in der Wurzel von den Gefäßzellen aus in die Parenchymzellen? Auf diese Fragen kann bis dahin keine genügende Antwort gegeben werden und wir müssen uns vorläufig mit der Kenntniß der angegebenen Thatsachen begnügen. Der Erscheinung des bald auf- und absteigenden, bald vielfach verzweigten netzförmigen Saftstromes, welche an einzelnen und größern Zellen wahrgenommen wird, wollen wir hier nur im Vorbeigehen gedenken; auch sie ist noch unerklärt. Schleiden und v. Mohl haben den Vorgang einer nähern Erörterung unterzogen. —

Es ist uns jetzt der Bau der Pflanze bekannt; die Nahrungsmittel derselben lernten wir ebenfalls schon in einem frühern Vortrage kennen;

---

*) Vgl. Liebig's sehr beachtenswerthe Schrift: Untersuchungen über einige Ursachen der Säftebewegung im thierischen Organismus. 1848.

wir haben so eben erfahren, wie und auf welchen Wegen die einzelnen Nahrungsstoffe in die Pflanze hineingelangen, wie sie ferner in derselben verbreitet werden. In welcher Weise, so lautet unsre folgende Frage, gehen denn aus den unorganischen und zum kleinen Theil vielleicht organischen Nahrungsstoffen diejenigen Stoffe hervor, welche einmal für das Wachsthum der Pflanze selbst, für die Zellenbildung, erforderlich sind, welche andrerseits bald zur Nahrung des Thieres, bald zu arzneilichen, bald zu technischen Zwecken verwendet werden, in welcher Weise mit andern Worten erfolgt die Verarbeitung der Nahrungsstoffe in der Pflanze?

Die Frage ist bis dahin noch eine der dunkelsten in der ganzen Pflanzenphysiologie. Vor nicht langen Jahren glaubte man schon durch die genialen Untersuchungen und Aussprüche Liebig's in den Besitz einer klaren Erkenntniß der Bildungsvorgänge der verschiedenen Stoffe in der Pflanze gelangt zu sein, und, wie immer, Liebig bleibt ohne Frage das unsterbliche Verdienst, den Weg angedeutet und schon fruchtbar benutzt zu haben, auf welchem wesentliche Fortschritte zu erreichen sind. Allein weitere Forschungen haben dargethan, daß man über die einzelnen Bildungsvorgänge noch sehr im Unklaren ist, und auch heutigen Tages sind wir noch nicht weit über die Ahnungen und Bilder des Geschehens, welche Liebig in Betreff derselben in so geistvoller Weise entwickelte, hinaus.

Alle Stoffe, welche von der Pflanze gebildet werden und sie selbst zusammensetzen, bestehen, abgesehen von den unorganischen Verbindungen, die sich in jeder Pflanze vorfinden, entweder aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff (sog. stickstoffhaltige Verbindungen, die als fünftes Element oft noch Schwefel enthalten), oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, oder nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff (sog. stickstofffreie Verbindungen). Zu jenen stickstoffhaltigen Verbindungen gehören das Pflanzeneiweiß (der Pflanzenkleber), eine große Anzahl sog. organischer Basen, wie das Chinin, Morphin u. s. w.; das Blattgrün oder Chlorophyll, d. i. der aus kleinen Kügelchen mit wachsartigem Kern bestehende Farbstoff aller grünen Pflanzentheile. Zu den stickstofffreien Verbindungen gehören zunächst die vielen verschiedenen Arten der sog. Pflanzensäuren; die Oxalsäure,

welche von dem reichen Vorkommen in den Oxalis-Arten ihren Namen trägt und fast in allen Pflanzen zu finden ist, die Aepfelsäure, die Weinsäure, die Citronensäure u. s. w.; ferner die sog. indifferenten Stoffe: das Stärkmehl, der Zucker, das Gummi, das demselben sehr ähnliche Dextrin, insonderheit aber auch der die Zellmembran bildende Stoff, die Cellulose und die aus ihr hervorgehenden Holz-, Kork- und Baststoffe; es gehören ferner dahin die Oele, Fette, Harze, das Caoutschouk u. s. w., u. s. w. Es bedarf kaum der Erwähnung, daß die Art und Menge dieser Stoffe in allen Pflanzen verschieden sind, daß die eine reicher ist an stickstoffhaltigen, die andere reicher an stickstofffreien Verbindungen, daß die eine diese, die andere jene Farbstoffe producirt. Wir wissen es auch schon, woher die einzelnen Elementarstoffe selbst stammen, wo der Kohlenstoff, wo der Sauerstoff, wo der Stickstoff, wo der Wasserstoff seine Quelle hat. (Vgl. Vortrag 6.) Wie nun aber verbinden sich diese Elementarstoffe zu jenen organischen Stoffen, zu Eiweiß, Zellstoff, Zucker, Stärkmehl u. s. w.?

Erinnern wir uns der mit aller Bestimmtheit ermittelten Thatsache, daß die Pflanze bei Tage Kohlensäure aufnimmt und Sauerstoff abgiebt, so ließe sich im Einklang mit derselben scheinbar allerdings leicht die Entstehung von Zucker oder Zellstoff oder Holz u. s. w. aus dem Zusammentritt von Kohlensäure und Wasser herleiten. Träten z. B.

12 At. Kohlensäure	=	12 C	24 O
mit 24 „ Wasser	=		24 H 24 O

zusammen, so würden sich daraus, unter Abgabe von 24 At. Sauerstoff, Stoffe bilden, die in ihrer Zusammensetzung jedesmal 12 At. Kohlenstoff, 24 At. Wasserstoff und 24 At. Sauerstoff enthielten. Als solche Stoffe könnte man aber betrachten:

1 At. Traubenzucker	plus 12 At. Wasser	=	12 C 12 H 12 O + 12 HO
oder			
1 „ Zellstoff	„ 14 „ „	=	12 C 10 H 10 O + 14 HO
oder			
1 „ Rohrzucker	„ 14 „ „	=	12 C 10 H 10 O + 14 HO
oder			

1 At. Holz plus 16 At. Wasser = 12C 8H 8O + 16HO
u. s. w. *)

Ganz in gleicher Weise ließe sich aus einer Anzahl Wasser- und Kohlensäureatome nebst kohlensaurem Ammoniak und Schwefelsäure die Bildung von Pflanzeneiweiß unter Abgabe von Sauerstoff berechnen.**) Indeß so plausibel derartige Zeichnungen der Bildungsvorgänge auch auf den ersten Blick erscheinen mögen, sie sind in der That bis dahin nichts, als Zahlenspiele, die ein Jeder nach Gefallen gestalten kann; sie lassen uns allenfalls ahnen, in welcher Weise sich organische Verbindungen aus dem Zusammentritt der Elementarstoffe hervorbilden können, sie sind aber nichts weniger als der Ausdruck des wirklichen Geschehens. Ja wir kennen noch nicht einmal mit Bestimmtheit die atomistische Zusammensetzung des Pflanzeneiweißes, und um so viel weniger dürfen die bis dahin für dasselbe angenommenen Formeln zu derartigen Rechnungen benutzt werden.

Ueber die Entstehung der stickstoffhaltigen Verbindungen wissen wir insonderheit so gut, wie gar nichts. Auch die von Mulder aufgestellte Ansicht, daß sie aus Ammoniaksalzen der Humussäuren,***) also aus huminsaurem, geïnsaurem, quellsatzsaurem oder quellsaurem Ammoniak hervorgehen, entbehrt des sichern Beweises, denn wenn es auch wahr ist, daß die Production stickstoffhaltiger Substanzen im Verhältniß zum Gehalt des Bodens an jenen Salzen steigt, so können einmal doch diese Stoffe in der Pflanze selbst nicht mehr nachgewiesen werden und andrerseits gedeihen viele Pflanzen auch ohne allen Humus, auf trockenem Sandboden, auf Mauern und Felsen, wo von Humus kaum wohl die Rede sein kann. Wir werden, wie es scheint, hier nicht eher zu einer klarern Einsicht gelangen, als bis vor Allem über die Constitution der stickstoffhaltigen, organischen Verbindungen ein helleres Licht verbreitet, bis es dargethan ist, aus welchen einfacheren Verbindungen dieselben zusammengesetzt sind. — Um die stickstofffreien Verbindungen steht es nicht viel besser; unsere Vermuthungen erhalten hier aber durch

*) Schleiden: Grundz. der wissenschaftl. Botanik. S. 294.
**) Vgl. Gregory-Gerding's organische Chemie. 1854. S. 783.
***) S. o. S. 208.

gewisse Thatsachen doch wenigstens einigen Halt. Wir wissen zunächst, und es ist leicht durch die einfachsten Versuche zu constatiren, daß die ganz junge Pflanze oder die jüngsten Pflanzentheile vorzugsweise reich sind an organischen Säuren, daß die saure Reaction des Pflanzensaftes späterhin und namentlich beim Reifen der Früchte abnimmt, daß anstatt der Säuren die sog. indifferenten Stoffe auftreten, daß sich endlich und erst in späteren Perioden des Wachsthums Harze, Oele u. s. w. in reicher Menge vorfinden. Es ist ferner mit Bestimmtheit ermittelt, daß jene organischen Säuren sämmtlich relativ sehr reich sind an Sauerstoff, daß in den indifferenten Stoffen die Menge desselben eine geringere ist, daß aber den Säuren gegenüber die Harze, die ätherischen Oele u. s. w. als sehr sauerstoffarme Verbindungen zu betrachten sind. Ist damit nicht der Schluß nahe gelegt, daß sich die indifferenten Stoffe aus den Säuren, die Harze und Fette vielleicht wieder aus jenen hervorbilden, und ist die Wahrscheinlichkeit eines solchen Geschehens nicht um so größer, als diese Bildungsprogression gar leicht in Uebereinstimmung mit den Erscheinungen der Sauerstoffabgabe und Kohlensäureaufnahme der Pflanze bei Tage und dem umgekehrten Vorgange bei Nacht zu bringen sein würde? Gesetzt, daß dem so wäre, so ließe sich als das Anfangsglied der ganzen Reihe stickstofffreier Stoffe vielleicht die so weit verbreitete wasserhaltige Oxalsäure betrachten, welche selbst unter Abgabe von 6 At. Sauerstoff aus dem Zusammentritt von 12 Theilen Kohlensäure und 6 Theilen Wasser hervorgehen würde; denn:

12 Th. Kohlensäure	=	$C_{12}\ O_{24}$
plus 6 „ Wasser	=	$H_6\ O_6$
bilden	=	$C_{12}\ H_6\ O_{30}$
davon 6 At. Sauerstoff abgezogen	=	O_6
bleiben	=	$C_{12}\ H_6\ O_{24}$

d. h. 6 Th. wasserhaltiger Oxalsäure. — Erlitte diese Säure jetzt durch irgend welche Verhältnisse einen Verlust von 9 At. Sauerstoff, so würden damit aus ihr 3 Th. Weinsäure hervorgehen, denn:

		$C_{12}\ H_6\ O_{24}$
minus 9 At. O	=	O_9
bleibt	=	$C_{12}\ H_6\ O_{15}$ d. h. 3 Th. Weinsäure.

Erlitte die Weinsäure wieder einen Verlust von 3 At. Sauerstoff, so würden aus ihr 3 Th. Aepfelsäure hervorgehen, denn:

$$\begin{array}{rl} & C_{12}\,H_6\,O_{15} \\ \text{minus} & \phantom{C_{12}\,H_6\,}O_3 \\ \hline \text{ist} = & C_{12}\,H_6\,O_{12} \text{ d. h. } = 3 \text{ Th. Aepfelsäure.} \end{array}$$

Durch ein Zerfallen der Säuren in Folge irgend welcher Verhältnisse könnten aber weiterhin sehr wohl die indifferenten Stoffe entstehen. Aus 8 Th. Weinsäure würde sich z. B. unter Abscheidung von 6 Th. nicht wasserhaltiger Oxalsäure 1 Th. trockner Traubenzucker bilden, denn:

$$\begin{array}{rl} & C_{24}\,H_{12}\,O_{30} = 6 \text{ Th. Weinsäure} \\ \text{minus} & C_{12}\phantom{H_{12}}\,O_{18} = 6 \text{ Th. Oxalsäure} \\ \hline \text{ist} = & C_{12}\,H_{12}\,O_{12} = 1 \text{ Th. Traubenzucker;} \end{array}$$

und verlöre dieser Traubenzucker wieder 2 Th. Wasser, so würde: $C_{12}\,H_{10}\,O_{10}$ übrig bleiben, d. h. die Verbindung des Stärkmehls, des Gummi, des Zellstoffs u. s. w. Zur Nachtzeit hinwieder könnten sich aus den Säuren ebenfalls die indifferenten Stoffe hervorbilden, indem sie Sauerstoff aufnähmen und Kohlensäure exhalirt würde; so könnten z. B. 6 Th. Weinsäure 6 At. Sauerstoff aufnehmen, 12 Th. Kohlensäure abgeben und in dieser Weise die Bildung von 1 Th. Traubenzucker bedingen, denn:

$$\begin{array}{rl} 6 \text{ Th. Weinsäure} = & C_{24}\,H_{12}\,O_{30} \\ \text{plus } 6 \text{ At. O} = & \phantom{C_{24}\,H_{12}\,}O_6 \\ \hline \text{ist} = & C_{24}\,H_{12}\,O_{36} \\ \text{davon } 12 \text{ Th. Kohlens. abgez.} = & C_{12}\phantom{H_{12}}\,O_{24} \\ \hline \text{bleibt} = & C_{12}\,H_{12}\,O_{12} = \text{d. h. } 1 \text{ Th. Traubenz.} \end{array}$$

Allein auch all diese Vorgänge entbehren des thatsächlichen Nachweises; auch in Betreff des Bildungsactes der einzelnen stickstofffreien Verbindungen sind wir nur auf gewisse Ahnungen und Hypothesen beschränkt. Angenommen selbst, daß es richtig wäre, daß sich die wasserhaltige Oxalsäure in Folge einer Wasserzersetzung bildete, daß dabei der Sauerstoff entweiche, der Wasserstoff aber in die organische Verbindung einträte, was nöthigt sie selbst, so wie die später entstehenden Verbindungen Sauerstoff abzugeben oder unter Umständen auch Sauerstoff aufzunehmen? Was ist es, das hier diese, dort eine andere Spaltung eines schon gebildeten Stoffes bedingt? So einfach, wie in der

eben gegebenen Darstellung, verhält es sich in der Natur scheinbar und wahrscheinlich nicht, und namentlich in Betreff der der Stärkmehlgruppe angehörigen Verbindungen, des Stärkmehls selbst, des Dextrins, der Cellulose, des Inulins (eines dem Stärkmehl ähnlichen Stoffes), des Zuckers u. s. w. haben wir allen Grund zu vermuthen, daß es sich hier um viel verwickeltere chemische Metamorphosen handelt. Wie in dem thierischen Organismus gewisse stickstoffhaltige Verbindungen auf die Umwandlung stickstofffreier gleich einem Fermente wirken, wie bei der Gährung ein stickstoffhaltiges Ferment (Hefe) die Zerlegung stickstofffreier Verbindungen (des Zuckers u. s. w.) herbeiführt, so scheint auch in der sich entwickelnden Pflanze die mit der der stickstofffreien Verbindungen gleichzeitig erfolgende Bildung stickstoffhaltiger Körper und die Gegenwart dieser auf die Production vieler sog. indifferenter Stoffe von großem Einfluß zu sein, Verhältnisse, welche wir aber bis dahin ebenfalls nur zu vermuthen, nicht aber schon zu übersehen vermögen.

Wir erwähnten noch nicht der Harze, der Fette und flüchtigen Oele, der Farbstoffe u. s. w., die in so reichlicher Menge in verschiedenen Pflanzen gebildet werden und deren Zusammensetzung sich den stickstofffreien und sauerstoffreichen Pflanzensäuren gegenüber durch eine große Armuth oder selbst ein gänzliches Fehlen des Sauerstoffs auszeichnet. So besteht die Palmitinsäure, welche in Verbindung mit Lipyloxyd *) das Palmitin bildet, aus $C_{32} H_{31} O_3 + HO$; ihr ähnlich zusammengesetzt sind: die Coccinsäure im Cocusnußfett, die Myristicinsäure in der Muscatbutter, die Laurinsäure im Lorbeeröl u. m. a.; so besteht ferner der Campher aus $C_{20} H_{16} O_2$, das Zimmtöl aus $C_{20} H_{11} O_2$; so das Terpenthinöl aus $C_{20} H_{16}$. Allein auch über die Bildung dieser Körper wissen wir bis dahin nichts Bestimmtes; ihre Armuth an Sauerstoff und ihr relativer Reichthum an Kohlenstoff machen es höchstens wahrscheinlich, daß sie sich aus sauerstoffreicheren, vielleicht aus den stärkemehlartigen Verbindungen, auf dem Wege der Desoxydation hervorbilden. Unter den Farbstoffen ist der wesentlichste: das Chlorophyll. Dasselbe besteht aus microscopischen Kügelchen, welche in dem Zellsaft schwimmen und einen wachsartigen, von dem eigenthümlichen, grünen,

*) S. oben S. 37.

stickstoffhaltigen, Chlorophyll genannten, Farbstoff umhüllten Kern besitzen. Seine Bildungsgeschichte ist aber ebenfalls unbekannt. Und nicht anders steht es endlich mit den übrigen Farbstoffen, dem rothen, dem gelben, dem blauen u. s. w.; Stoffe, welche sich meistens gelöst im Pflanzensaft, seltener in die Wandung der Zelle selbst aufgenommen finden, oder gleich dem Chlorophyll, in Kügelchenform im Zellsaft schwimmen.

So reducirt sich denn Alles, was wir über die Entstehung der organischen Verbindungen aus den unorganischen Nahrungsstoffen der Pflanze sagen können, auf einige mehr oder weniger wahrscheinliche Hypothesen; ein weites Feld der Arbeit liegt hier noch vor uns. Der bedeutungsvollste Theil des Lebens der Pflanze, die Art und Weise, in welcher sie die rohen Stoffe des Bodens und der Luft zu jenen mannigfaltigen Stoffen, an deren Genuß und Anblick wir uns täglich erfreuen, zusammenfügt, ist noch unenträthselt. Wir wissen, wie die Zelle entsteht, wie sich die einmal vorhandene Zelle durch Theilung u. s. w. vermehrt und wieder vermehrt, wie dadurch das Wachsthum der ganzen Pflanze herbeigeführt wird. Wie aber entstehen eiweißartige Verbindung und junger Zellstoff in der Mutterzelle, um der neuen Zellenbildung das Material zu liefern? Nur die sorgfältigste, nach dem Muster Boussingault's im Kleinen und mit einzelnen Pflanzen angestellten Untersuchungen, nur Untersuchungen, die Schritt für Schritt die chemische Zusammensetzung der sich entwickelnden Pflanze verfolgen und dieselbe unter den verschiedenartigsten künstlichen Bedingungen in dem eigenen Verhalten zu erkennen trachten, scheinen uns hier zunächst einen Schritt fördern zu können.

Doch wenden wir den Blick noch nach einer andern Seite. Ungelöst zwar, so sagen wir, ist bis dahin die Frage, in welcher Weise sich die Elementarstoffe der Kohlensäure, des Ammoniaks und des Wassers zusammenfügen, um die stickstoffhaltigen sowohl, als stickstofffreien organischen Verbindungen zu bilden. Sind uns nicht aber dennoch gewisse Bedingungen und Verhältnisse bekannt, welche für die Realisation jener Bildungsprocesse unerläßlich nothwendig sind? Niemand zweifelt daran, daß die Pflanze für ihr Wachsthum und Gedeihen eines gewissen Wärmegrades, daß sie ferner des belebenden Lichtstrahls bedarf; nicht unwahrscheinlich

ist es, daß auch die Electricität des Luftkreises einen anregenden Einfluß auf sie ausübt. Wärme, Licht und Electricität dürfen wir als wahre Lebensbedingungen der Pflanze betrachten. Aber ein Viertes steht ihnen noch zur Seite. Es sind die oft erwähnten mineralischen Bestandtheile des Erdbodens, welche eben für die Realisation der organischen Bildungsprocesse der Pflanze von der größten Bedeutung sind, und mit Liebig möchten wir fragen: „wie es nur möglich war, daß es eine Zeit gab, wo man diese Bestandtheile des Bodens und weiterhin der Pflanze selbst als nicht wesentlich oder erforderlich betrachtete!“ Es dienen diese Bestandtheile nicht etwa nur dazu, das Gerüst der Pflanze bilden zu helfen, demselben Festigkeit zu verleihen, sie haben auch die Aufgabe, die Bildung der organischen Verbindungen zu vermitteln; es ist und bleibt Liebig's großes Verdienst, uns hier die ersten Gesichtspunkte eröffnet, uns mit den wichtigsten und für die Agriculturchemie so besonders erheblichen Thatsachen bekannt gemacht zu haben. Den Beobachtungen, Erfahrungen und Anschauungen, welche er in seiner „Organischen Chemie in Anwendung auf die Physiologie und Agricultur“ zuerst vorlegte, hat er neuerdings durch seine Schrift „Die Grundsätze der Agriculturchemie“ eine neue und lehrreiche Zugabe verliehen; beide, und insonderheit die letztere Arbeit, weisen auf das Ueberzeugendste nach, daß die Gegenwart der mineralischen Bodenbestandtheile, die immer auch einen Bestandtheil des Zellsaftes bilden, ein nothwendiges Erforderniß für die Bildung der organischen Verbindungen ist. Auch sie sind also Lebensbedingung für die Pflanze, und um so mehr nur, als es sich hier um ein für die Praxis so äußerst wichtiges Verhältniß handelt, um so mehr nur als ein richtiges Verständniß desselben für das Studium der Lebenserscheinungen der Pflanze dringend erforderlich ist, wollen wir uns mit ihnen ausführlicher beschäftigen.

Die Menge und Art der unorganischen Verbindungen ist in verschiedenen Pflanzen und auch in einzelnen Theilen derselben eine sehr verschiedene. Die eine enthält vorwiegend Kieselsäure, die andere Kalk- und Talkerde, die dritte Natron und Kali, die vierte Phosphorsäure und Schwefelsäure. Man hat nach diesem vorwiegenden Gehalt an bestimmten mineralischen Bestandtheilen die Culturpflanzen sogar in Kiesel-, Kalk-, Alkali- und Phosphorpflanzen eingetheilt, und rechnet zu

den erstern den Hafer, die Gerste und die übrigen Cerealien, insofern ihr Stroh besonders reich ist an Kieselerde, zu den zweiten den Wiesenklee, die Luzerne, den Taback und das kalkreiche Kartoffel- und Erbsenstroh, zu den dritten die weiße Rübe, die Runkelrübe, die Kartoffelfrucht, zu den vierten endlich den Weizen, den Roggen, die Erbsen, die Saubohnen, den Mais und die Gerste, insofern ihre Frucht vorzugsweise reich ist an Phosphorsäure. Die Gerste würde darnach eine Kiesel- und Phosphorpflanze zugleich sein, die Kartoffel eine Kalk- und Alkalipflanze u. s. w. *) — Wird uns damit nicht schon von selbst die Vermuthung nahe gelegt, daß die mineralischen Bestandtheile auch eine bestimmte Beziehung zu der Entwicklung der ganzen Pflanze haben müssen? Auf ein und demselben Boden, dem es an keinem der mineralischen Bestandtheile fehlt, können sich möglicherweise Kiesel- und Phosphor-, Kalk und Alkalipflanzen, also alle Culturpflanzen entwickeln; jede derselben enthält aber dennoch vorwiegend nur bestimmte mineralische Bestandtheile. Müssen wir daraus nicht schließen, daß nur diese, nicht so aber die übrigen, vorzugsweise erforderlich waren für ihre Entwicklung? Auf einem andern Boden können möglicherweise die Kalkpflanzen in reicher Fülle gedeihen, die Alkalipflanzen aber nicht. Wenn uns die Untersuchung des Bodens jetzt nachweist, daß er

*) Eine Zusammenstellung verschiedener Analysen von verschiedenen Pflanzenaschen hat Schleiden in seinen Grundz. der wissenschaftl. Botan. II. S. 567 gegeben. Beispielsweise führen wir einige dieser Analysen an:

	Kali- und Natronsalze	Kalk und Magnesiasalze	phosphorsaure Salze	Kieselerde
Stroh u. Saamen des Hafers enthalten: . .	34,00	4,00	—	62,00
Stroh des Roggens . .	18,65	16,52	6,98	63,89
Wiesenklee	39,20	56,00		4,90
Kartoffelkraut	6,97	53,17	9,78	29,81
weiße Rüben	81,60	18,40		
Kartoffeln	85,81	14,19		
weißer Waizen . . .	52,98	38,02	91,67	
Roggen	65,16	32,12	96,18	
Erbsen	71,50	24,55	85,46	

arm ist an Alkalien, müssen wir nicht wieder schließen, daß sich die Alkalipflanze nur deshalb nicht entwickelte, weil es an jenen fehlte? Weshalb gedeiht dort die Kartoffel, die Saubohne aber nicht? Weshalb hier wieder die Saubohne und die Kartoffel neben ihr? An Kohlensäure, an Wasser, an Ammoniak fehlt es an beiden Orten nicht; die Temperaturverhältnisse sollen ebenfalls beider Orten gleich sein; kann der Grund jener Erscheinung in andern Verhältnissen liegen, als den ungleichen Mengenverhältnissen der unorganischen, mineralischen Bestandtheile? Lassaigne säete Waizenkörner in zwei verschiedene Gläser, die er mit gereinigtem Kieselsand gefüllt hatte. Das eine Gefäß wurde mit kohlensäurehaltigem Wasser begossen, welches phosphorsauren und kohlensauren Kalk enthielt, das andere nur mit kohlensäurehaltigem Wasser. Die Körner keimten unter einer Glocke von 10—12° C. Die Pflänzchen, denen die Kalksalze geboten waren, wurden nicht nur höher, grüner, überhaupt kräftiger entwickelt, sondern sie hinterließen bei der Verbrennung auch mehr Asche, in einem Versuche sogar fünfmal mehr, als die Pflänzchen, die des phosphorsauren und kohlensauren Kalkes entbehrten. *) Kann es einen schlagendern Beweis für die Bedeutung der mineralischen Bodenbestandtheile geben? — Und noch weiter. Nicht nur, daß bestimmte Pflanzen auch stets und überall, wo sie gedeihen, bestimmte mineralische Bestandtheile überhaupt enthalten; nach den lehrreichen Untersuchungen von Berthier und de Saussure, scheint es, daß auch die Menge derselben in bestimmten Pflanzen stets eine bestimmte ist, und zwar in so fern, als der Sauerstoffgehalt ihrer Basen sich stets gleich hoch beläuft. de Saussure fand, daß 1000 Theile Fichtenholz vom Mont Breven 11,87 Theile Asche, 1000 Theile Fichtenholz vom Mont La Salle aber 11,28 Theile Asche lieferten; eine weitere Analyse ergab dann, daß 100 Theile Fichtenasche vom Mont Breven enthielten:

kohlensaures Kali	=	3,60 Th.
kohlensauren Kalk	=	46,34 „
kohlens. Bittererde	=	6,77 „
Summe der kohlens. Salze	=	56,71 Proc.

*) Lassaigne, Annal. de chim. et phys. 3e. série. Tom. XXV. p. 346.

der Sauerstoffgeh. des Kali's beträgt aber in jenem Salz = 0,415 Th.
„ „ „ Kalks „ in dem Kalksalz = 7,327 „
„ „ der Bittererde „ „ „ Bittererdes. = 1,265 „

Summe des Sauerstoffgehaltes der Basen = 9,007;

daß ferner 100 Theile Fichtenasche vom Mont La Salle enthielten:

kohlensaures Kali = 7,36
kohlensauren Kalk = 51,19
Bittererde „ = 00,00

Summa der kohlensauren Salze = 58,55.

Der Sauerstoffgehalt der Basis beträgt hier aber im Kalisalz = 0,85
„ Kalksalz = 8,10

Summe des Sauerstoffgehalts der Basen = 8,95.

Ist es nicht auffallend, daß das Verhältniß dieses Sauerstoffgehaltes der Basen in zwei zwar gleichen, aber an ganz verschiedenen Orten erwachsenen Pflanzen, fast ganz dasselbe ist? Und zu demselben Resultate gelangte Berthier. Er analysirte zwei Tannenaschen, die eine von einer norwegischen Tanne, die andre von einer französischen im Departement de l'Isère gewachsenen. Jene enthielt in 100 Theilen:

Kali . . .	14,1 Th.	Sauerstoffgehalt	= 2,4
Natron . .	20,7 „	„	= 5,3
Kalk. . .	13,6 „	„	= 3,82
Magnesia .	4,35 „	„	= 1,69
Summe =	52,75		13,21

diese ebenfalls in 100 Theilen:

Kali u. Natron	16,8	Sauerstoffgehalt	= 3,57
Kalk . . .	29,6	„	= 8,36
Magnesia . .	3,3	„	= 1,26
Summe =	49,7		13,19.

Also auch hier differirt der Sauerstoffgehalt der Basen nur um 0,02. Wir wissen noch nicht, welches die Beziehung dieser Basen zu den Bildungsvorgängen der organischen Verbindungen selbst ist, dürfen wir aber zweifeln, daß ein so auffallendes Verhältniß von irgend einer und zwar sehr erheblichen Wichtigkeit ist? Wir haben erfahren, daß sich in

der jungen Pflanze stets organische Säuren bilden; wir wissen, daß diese Säuren sich mit den Basen, die nicht etwa schon an stärkere mineralische Säuren gebunden sind, zu Salzen verbinden. Die Menge dieser Salze und besonders die Menge der sich mit den Basen verbindenden Pflanzensäuren muß offenbar in jedem Falle je nach der Menge der Basen und deren Sauerstoffgehalt verschieden sein, *) die gesammten Bildungsvorgänge müssen darnach wieder in jedem Falle eine besondere Richtung erhalten.

Wir vermuthen somit nicht ohne Grund, daß die unorganischen Bestandtheile des Bodens von großer Bedeutung für das Leben der Pflanze, für die Bildung der organischen Verbindungen sind. Liebig geht aber noch einen Schritt weiter. Er bringt in seinen oben citirten Schriften schon bestimmte unorganische Bestandtheile des Bodens in eine bestimmte Beziehung zur Bildung bestimmter organischer Verbindungen, und so mannigfache Anfeindungen diese Theorie auch zu erleiden gehabt hat, die agriculturchemischen Erfahrungen in Sachsen, in England, ja selbst diejenigen seiner öffentlichen Gegner, scheinen mehr und mehr darzuthun, daß sie dennoch den Kern einer großen Wahrheit bildet, einer Wahrheit, die für den praktischen Landwirth schon von unberechenbarem Nutzen ist, für die Physiologie der Pflanzen aber, ja für die gesammte Lehre vom Leben der Organismen eine neue Aera eröffnet hat. Fassen wir die Hauptsätze kurz zusammen, so spricht Liebig es geradezu aus, daß die alkalischen Basen die Bildung der Pflanzensäuren, des Stärkmehls, des Zuckers, überhaupt der stickstofffreien Verbindungen vermitteln, daß dagegen die phosphorsauren und schwefelsauren Salze des Erdbodens nothwendige Erfordernisse sind für die Bildung der stickstoffhaltigen Stoffe. „Alle Pflanzensäuren," so heißt es S. 84 der „Organischen Chemie" (5. Aufl.) „sind an Basen gebunden, an Kali, Natron, Kalk oder Bittererde; nur einige Pflanzen enthalten freie organische Säuren; diese Basen sind es offenbar, welche durch ihr Vorhandensein die Entstehung der Säuren vermitteln. „Durch die Zufuhr

---

*) Für jedes Atom Sauerstoff, welches eine Basis enthält, nimmt diese bei der Bildung eines neutralen Sauerstoffsalzes 1 Atom Säure auf; bei der Bildung eines sauren Salzes mehre Atome Säure.

von Ammoniak (und Kohlensäure)" lesen wir weiter (pag. 245), „werden die Zwecke der Agricultur nicht erfüllt; so nothwendig auch das Ammoniak für die kräftige Entwicklung der Pflanze ist, so reicht es dennoch für sich allein nicht aus zur Erzeugung von vegetabilischem Caseïn, Fibrin und Albumin (d. h. von stickstoffhaltigen Verbindungen), denn ohne die begleitenden Alkalien, ohne schwefelsaure und phosphorsaure Salze kennen wir diese Stoffe nicht; wir müssen voraussetzen, daß ohne ihre Mitwirkung das Ammoniak auf die Entwicklung und Bildung der Saamen nicht die geringste Wirkung ausübt, daß es ganz gleichgültig ist, ob wir Ammoniak zuführen, oder nicht, es wird keinen Antheil nehmen an der Bildung der Blutbestandtheile, wenn die andern Bedingungen zu ihrer Erzeugung nicht gleichzeitig vorhanden sind." Finden diese Sätze nicht ihre Bestätigung durch die praktischen Erfahrungen des Landwirthes? Hat sie Liebig nicht selbst durch die Art und Weise, wie er ein dürres Sandfeld in der Nähe Gießen's *) fruchtbar machte, praktisch bewahrheitet? Wir dürfen heutigen Tages vielleicht sogar schon eine neue Beziehung eines unorganischen Stoffes zur Bildung gewisser organischer Verbindungen hinzufügen. Wir wissen durch die Untersuchungen von Harley **) und Verdeil, ***) daß sowohl das Draconin oder Drachenblut, d. i. der rothe, harzige Farbstoff aus der Dracaena draco, als das Chlorophyll, d. i. der grüne Farbstoff der Pflanzen, eisenhaltig sind. Die in Salzsäure gelöste Asche des gereinigten sowohl, als ungereinigten Draconin gaben, als Beweis für die Anwesenheit des Eisens, mit Cyaneisenkalium, Berlinerblau und mit Rhodankalium eine rothe Lösung. Wir wissen ferner durch Harley's u. A. Untersuchungen, daß die im thierischen Organismus vorkommenden Farbstoffe, das Blutroth, das Gallengrün, der Harnfarbstoff u. s. w. stets von Eisen begleitet sind. Dürfen wir nicht vermuthen, daß dieses Eisen, ursprünglich dem Erdboden entstammend, auch eine bestimmte Beziehung zur Bildung der Farbstoffe in der

---

*) S. Grundsätze der Agriculturchemie.

**) Harley: Verhandl. der physik. med. Gesellsch. zu Würzburg. Bd. V. 1854.

***) Compt. rend. de l'Acad. de Paris. Tom. XXXIII. pag. 689.

Pflanze hat, ähnlich wie es bekannter Weise eine bestimmte Beziehung hat zu dem rothen Farbstoffe des Blutes der Thiere? Wir wollen es uns keineswegs verhehlen, daß über die Art und Weise, wie denn die unorganischen Bodenbestandtheile „Vermittler" der Bildung der organischen Verbindungen werden, auch Liebig keinen Aufschluß gegeben hat, daß uns mit jenen Sätzen noch kein tieferer Blick in die Bildungsprocesse der Pflanze selbst eröffnet ist. Wenn wir aber erfahren, daß in England durch die Zufuhr von phosphorsauren Salzen, durch Knochendüngung, der Ertrag gewisser, an diesen Bestandtheilen erschöpfter Felder „wie durch einen Zauber ums Doppelte" erhöht wurde, *) wenn uns die schon oben angeführten Versuche Lassaigne's ein Gleiches lehrten, so liegen uns damit Thatsachen vor, die die Bedeutung der unorganischen (mineralischen) Bodenbestandtheile unzweifelhaft darthun und es steht außer Frage, daß ein weiterer Verfolg dieser Verhältnisse mit der Zeit auch eine tiefere Einsicht in das Leben der Pflanze selbst eröffnen wird. Hebe man doch nur den Kern der Liebig'schen geistvollen Deductionen heraus! Hafte man doch nicht kleinlich an einzelnen Worten! Mag es auch sein, daß Liebig in seiner Agriculturchemie die Wichtigkeit der Ammoniaksalze unter den übrigen unorganischen Bestandtheilen des animalischen Düngers nicht dringend genug hervorhob, daß die Zufuhr von Ammoniak zu den fruchttragenden Feldern gegenüber der Zufuhr der mineralischen Bestandtheile (der phosphorsauren Salze u. s. w.) dennoch eine sehr wesentliche Bedingung für die reiche Fruchtbildung ist, die Größe des Verdienstes liegt darin, die hohe Wichtigkeit und die Beziehung der stets gering geschätzten oder gar nicht beachteten mineralischen Bodenbestandtheile zur Bildung und Metamorphose organischer Verbindungen im pflanzlichen, wie thierischen Organismus zuerst hervorgehoben und mit hellen Farben geschildert zu haben, und das ist ein Verdienst, dem die vollste Anerkennung der Mitwelt gebührt und für das die Nachwelt die Krone flechten wird! Und ob wir auch noch am Eingange der Erkenntniß stehen, nur mit dem Wissen schon, daß jene Beziehung existirt, ist ein unschätzbares Etwas gewonnen, mit ihm erst sind wir dem Begriffe von dem Wie? der Lebensvorgänge der

---

*) S. Liebig's Chemische Briefe. 3. Aufl. S. 633.

Organismen nahe getreten. Dank also Liebig für das, was er uns gegeben. Wer auch der Ergründung der Lebenserscheinungen der Organismen in Zukunft Aufmerksamkeit und Fleiß zuwendet, er muß doch auf dem Boden bauen, den Liebig zuerst erschloß, seine Aufgabe ist, den Saamen zur Reife zu bringen, der hier mit reicher Fülle gesäet!

Doch ehe wir diesen interessanten Gegenstand verlassen, müssen wir noch eines und zwar eines sehr bedeutsamen Verhältnisses gedenken. Wir sagten oben, daß die einen Pflanzen vorwiegend Alkalien, die andern vorwiegend alkalische Erden enthielten; zu jenen rechnen wir insonderheit das Natron und Kali, zu diesen den Kalk und die Magnesia. Ist es gleichgültig für das Leben der Pflanze, welches von diesen Alkalien und welche der Erden in sie aufgenommen wird? Gleichgültig gewiß nicht. Aber dennoch finden wir hier die Einrichtung getroffen, daß sich Kali und Natron einer-, und Kalk und Magnesia andrerseits zum Theil wenigstens und in gewisser Beziehung vertreten können, und es hat die Natur damit ein Mittel geboten, durch welches die Beschränkung der Cultur gewisser Pflanzen auf ganz bestimmte Localitäten vermindert wird. Fehlt es einem Boden an Kali, enthält er dagegen Natron in hinreichender Menge, so wird die Alkalipflanze dennoch auf ihm gedeihen können; und ist wieder ein Boden nicht reich genug an Kalk, fehlt es ihm dagegen nur nicht an Magnesia, so wird die Kalkpflanze sich dennoch auf ihm cultiviren lassen. Ueberraschend treten uns diese Verhältnisse entgegen, wenn wir die Zusammensetzung der Aschen auf verschiedenem Boden gezogener gleichartiger Pflanzen vergleichen. Nur einige Beispiele davon:

Der Waizen enthält nach der Analyse von Horsford in 100 Th. Asche:

	Natron	Kali	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure
bei Gießen	0	33,8	3,0	13,5	49,2
in Holland	28,2	6,5	3,9	13,1	46,8
bei Solz (Kurhessen)	10,3	24,4	3,0	13,7	46,0
Der Roggen:					
bei Gießen	4,4	32,7	2,9	10,1	47,0
„ Cleve	18,36	11,1	6,8	10,2	50,3
„ Leipzig	—	30,4	3,0	11,3	45,5

Die Erbsen:

	Natron	Kali	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure
bei Gießen	3,9	39,5	5,9	6,4	34,5
in Holland	12,9	34,9	2,5	8,8	35,3
im Elsaß	1,8	36,3	10,3	12,2	31,0

Ist es nicht, und hier zwar in Betreff des Natron und Kali, auffallend, daß, wiewohl sie beide in ihrem gegenseitigen Mengenverhältniß sehr wechselnd sind, die Summe beider in verschiedenen Ländern doch, abgesehen von einigen leicht begreiflichen Differenzen, nahezu dieselbe ist? Die Asche des Waizens enthält bei Gießen gar kein Natron, dagegen 33,8 Proc. Kali, die Asche desselben Getreides enthält in Holland 28,2 Proc. Natron und nur 6,5 Proc. Kali, in Solz wieder enthält dieselbe Asche 10,3 Proc. Natron und 24,4 Proc. Kali. Die Summe beider Alkalien beträgt aber bei Gießen 33,8 Proc., in Holland 34,7 Proc., bei Solz 34,7 Proc., sie ist also überall dieselbe. Muß dieses Untersuchungsresultat nicht unmittelbar zu der Ansicht hinführen, daß Natron und Kali in Bezug auf ihre physiologische Dignität gleiche oder doch sehr ähnliche Werthe besitzen, daß sie sich also gegenseitig vertreten können? Und ähnlich verhält es sich mit dem Kalk und der Magnesia, wie es zwar weniger hier, um so auffallender aber durch die schon oben angeführten Analysen der Fichtenaschen dargethan wird. Wäre das Gedeihen einer Pflanze gebunden an einem bestimmten Gehalt des Bodens an Kali, an Natron, an Kalk, an Magnesia, so würde die Möglichkeit desselben eine sehr beschränkte sein, denn eben diese Bestandtheile des Bodens wechseln in verschiedenen Ländern sehr beträchtlich; so aber ist eine weise Fürsorge getroffen, daß dasselbe Getreide an möglichst vielen Orten gedeihen kann, denn findet die Saat kein Natron, so leistet das etwa vorhandene Kali dasselbe, und findet sie nicht hinreichend Kalk, so vermag, wie es scheint, die Magnesia die Functionen desselben zum Theil wenigstens zu erfüllen.

Und zum Schluß noch eins. Wir gehen von der Annahme aus, daß Qualität und Menge der mineralischen Bestandtheile der Pflanze von großem Einfluß sind auf die Bildung organischer Verbindungen. Sorgfältige Untersuchungen haben nun aber ergeben, daß die relative Menge jener Bestandtheile im Ganzen sowohl, als im Einzelnen in

verschiedenen Lebensperioden der Pflanze eine sehr wechselnde ist, daß die junge Pflanze relativ mehr von denselben und namentlich von einzelnen unter ihnen enthält, als die ältere, in der Fruchtzeit stehende. Es ist dies Verhältniß ohne Frage dadurch bedingt, daß während des Wachsthums, der Blüthe und Fruchtzeit die Menge der sich bildenden organischen Verbindungen (des Eiweißes, Mehls, Zuckers, Gummis, Zellstoffs u. s. w.) immer mehr zunimmt, die mineralischen Bestandtheile aber, in Folge der Diffusionsgesetze (s. o.) und ihrer oftmals beschränkten im Boden enthaltenen Menge, eine gewisse Quantität nicht überschreiten. Muß damit nicht ein bedeutsamer Einfluß auf die gesammten, zu verschiedenen Lebensperioden der Pflanze statthabenden Bildungsvorgänge ausgeübt werden? Muß jenes Verhältniß nicht Antheil haben an dem Umstande, daß sich in der jungen Pflanze vorzugsweise Säuren, in ältern neben Säuren vorzugsweise indifferente Stoffe, in noch ältern neben Säuren und indifferenten Stoffen viele Harze, ätherische Oele u. s. w. bilden, daß mit andern Worten jetzt die Pflanze nur Blätter treibt, jetzt blüht, jetzt Frucht ansetzt? Wir dürfen annehmen, daß Kohlensäure, Wasser und auf gedüngtem oder humusreichem Boden auch Ammoniak der Pflanze zu jeder Lebensperiode in gleicher Menge zufließen, mit den unorganischen Bestandtheilen des Erdbodens ist das aber zufolge bestimmter in der Pflanze selbst gelegener Verhältnisse nicht der Fall, sie nimmt von diesen nur bestimmte Mengen auf. Die Resultate der Bildungsvorgänge müssen darnach verschieden ausfallen, und was wir als ein Wunder bezeichnen möchten, ich meine die geregelte Zeitfolge von Wachsthum, Blüthe und Frucht, von Säure-, Zucker-, Mehl-, von Holz-, Harz- und Oelbildung, sehen wir auch hier unter der Herrschaft physikalischer und chemischer Gesetze stehen. Die Pflanze muß jetzt wachsen, muß jetzt blühen, muß jetzt Frucht tragen, weil die physikalischen und chemischen einmal gegebenen Verhältnisse jetzt so und jetzt anders beschaffen sind; eins dieser variirenden Verhältnisse ist aber das der unorganischen in der Pflanze enthaltenen Bestandtheile. Dr. Schulz-Fleeth*) wies nach, daß die junge trockene Roggenpflanze im Januar 7,1 Proc. Asche enthält, im Mai 11,2 Proc., in der

*) S. Poggendorff's Annalen. Band 92. 3. S. 419.

Blüthezeit 5,05 Proc. und zur Zeit der Reife 4,15 Proc. Auch die einzelnen unorganischen Bestandtheile fand er in verschiedenen Lebensperioden in verschiedenem relativen Mengenverhältniß. Die Asche der jungen Roggenpflanze enthielt in 100 Theilen:

Kali	Chlorkalium	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselerde
im Januar:						
37,9	12,7	3,11	3,8	18,2	2,7	6,2
im Mai:						
36,9	8,7	7,8	2,7	13,3	2,3	10,7
in der Blüthezeit:						
32,1	6,0	6,9	2,9	12,8	1,4	21,3
zur Erndtezeit:						
18,8	2,4	6,8	3,7	14,0	1,5	42,8.

Es werden offenbar diese letztern Verhältnisse dadurch herbeigeführt, daß die Pflanze in verschiedenen Lebensaltern gewisse Bodenbestandtheile, die sie im Boden immer vorfindet, noch aufnimmt, für andere dagegen keine Aufnahmsfähigkeit mehr besitzt. Doch wie dem auch sei, gleichgültig für das Leben der Pflanze können dieselben nicht sein, die Bildungsverhältnisse der organischen Verbindungen müssen in gewisser Beziehung von ihnen abhängig sein. Wir werden um so mehr zu dieser Vermuthung hingedrängt, als es weiterhin durch die Untersuchungen von E. Wolff,*) Saussure**) u. A. dargethan ist, daß sich die mineralischen Bestandtheile des Saftes in verschiedenen Lebensperioden der Pflanze verschieden auf die einzelnen Theile der Pflanze vertheilt finden. So fand Wolff, daß die schwefelsauren Salze schon zeitig im Frühjahr in den Knospen und Blättern sich ansammeln, während sie aus allen andern Theilen der Pflanze verschwinden; Saussure ferner ermittelte, daß die alkalischen Basen im Holzkörper in der geringsten Menge enthalten seien, ihr Gehalt dagegen am größten ist in den Organen, welche die Assimilation vermitteln. „In den Blättern findet sich

*) S. Journal für prakt. Chemie. Bd. 51. S. 1.

**) Vgl. Liebig's Organ. Chemie in Anwendung auf Agricultur u. Physiol. 5te Aufl. S. 85.

mehr Kali, mehr Asche, als in den Zweigen, diese sind reicher daran, als der Stamm.“ Es werden also die mineralischen Bestandtheile von den ältern Pflanzentheilen zu den jüngern hingezogen, und während sie dort die Bildung von organischen Säuren vermitteln, wird ihre Abwesenheit oder relativ geringere Menge hier für die Bildung anderer organischer Verbindungen, vielleicht des Stärkmehls, Zuckers, Holzes, Korkes u. s. w. eine nothwendige Bedingung sein. Daß sich aber die mineralischen Bestandtheile in dieser verschiedenen Weise vertheilen, scheint wieder von en= und exosmotischen Gesetzen bedingt zu sein. Haben sich in den jüngsten Zellen Säuren gebildet, so werden die Alkalien von denselben angezogen werden, während die ältern Pflanzentheile daran verarmen. Es beruht auf diesen Verhältnissen, und ein Jeder kann sich leicht mit einem Streifen Lackmuspapier davon überzeugen, daß die jüngern Pflanzentheile meistens stark sauer, die ältern weniger sauer oder neutral oder alkalisch reagiren. Payen *) theilt uns sogar mit, daß er in einigen größern Zellen der Blätter von Urticeen einen neutral oder alkalisch reagirenden Saft und selbst Anhäufungen von kohlensaurem Kalk fand, während der Saft in der Nähe befindlicher Zellen eine saure Reaction besaß. Liebig wieder führt das insonderheit in dürren Sommern zu beobachtende Absterben der dem Erdboden nahe befindlichen Blätter darauf zurück, daß sie der mineralischen Bestandtheile beraubt werden, indem diese den jungen Trieben zuströmen. **) Die Bedeutung der in verschiedenen Lebensperioden der Pflanze verschiedenen relativen Mengen der einzelnen mineralischen Bestandtheile und der ungleichen Vertheilung derselben in der Pflanze kann darnach kaum zweifelhaft sein. Zwar übersehen wir auch hier noch nicht klar den Zusammenhang der einzelnen Erscheinungen und die Bedeutsamkeit der einzelnen Coëfficienten des Pflanzenlebens, aber wir sind durch die nach und nach sich häufenden und mühsam gewonnenen einzelnen Thatsachen mehr und mehr zu Vermuthungen berechtigt, welche zunehmend an Sicherheit und Wahrscheinlichkeit gewinnen und welche die Zukunft, wie wir glauben, ebenfalls zu sichern Thatsachen erheben wird.

*) Compt. rend. XXVII. 1.

**) S. Chemische Briefe S. 639.

So viel über die Bedeutung der mineralischen Bodenbestandtheile als der wichtigsten Hülfsmittel für die Entstehung organischer Verbindungen in der Pflanze. Als weitere für die letztere erforderliche Bedingungen bezeichneten wir oben die Wärme, das Licht und die Electricität.

Auch der Einfluß, welchen diese mächtigen Agentien unfehlbar auf das Leben der Pflanze ausüben, ist noch keineswegs in genügender Weise erforscht. Wir dürfen mit Bestimmtheit annehmen, daß sie für die Herstellung chemischer Verbindungen, für deren Metamorphosen und Spaltungen, ähnlich wie bei der Herstellung derselben außerhalb eines Organismus (im chemischen Laboratorium), von hoher Bedeutung sind; wo und wie sie aber eingreifen in das Schaffen und Bilden der Pflanze ist nur zum geringsten Theil thatsächlich erwiesen.

Was zunächst die Wärme anbetrifft, so haben wir bei der Pflanze, eben so wie bei dem Thiere, die mitgetheilte Wärme von der Eigenwärme des Organismus zu unterscheiden. Auch die Pflanze entwickelt selbständig Wärme. Durch Dutrochet's, Saussure's u. A. Beobachtungen an sehr feinen thermometrischen Instrumenten wurde ermittelt, daß in freier Luft vegetirende Pflanzentheile, Blätter, junge Triebe u. s. w. eine Eigenwärme besitzen, welche um $1/_{12}$ — $1/_3$ ° C. die Temperatur der Luft übertrifft; daß diese Eigenwärme ferner ein nächtliches Sinken und ein Steigen während des Tages zeigt. Bei gewissen Pflanzen oder Pflanzentheilen war die Wärmeentwicklung viel bedeutender; so fand Dutrochet, daß die Blüthen der Aroideen eine um 10 — 12 ° C. höhere Temperatur besaßen, als die umgebende Luft; Goeppert ferner wies nach, daß sich verschiedene Saamen in der Menge von etwa einem Pfunde in Keimung versetzt, bei einer Lufttemperatur von 7 — 15° auf 12 — 40° erwärmten.*) Es ist diese Wärmeentwicklung ohne Frage eine Folge der in der Pflanze vor sich gehenden chemischen Bildungsakte, insonderheit der Oxydationsvorgänge, der Kohlensäurebildung u. s. w.; denn Saussure beobachtete, daß eine Blüthe von Arum maculatum vor ihrer Erwärmung oder nach erloschener Erwärmung in 24 Stunden nur das Fünffache ihres eigenen

*) Vgl. H. v. Mohl a. a. O. „Die vegetabilische Zelle.“ S. 257.

Volumens von Sauerstoffgas verzehrte, während eine warme Blüthe das dreißigfache Volum an Sauerstoff aufnahm. Sollte sie aber gleichzeitig, ähnlich der thierischen Wärme, auch wieder anregend oder bedingend einwirken auf die Lebensvorgänge in der Pflanze? Wo die Eigenwärme um 10—12 ° höher ist als die Lufttemperatur, ist allerdings ein solcher Einfluß wahrscheinlich, und namentlich beim Keimungsproceß möchte sie ein nicht zu übersehendes, die Stoffmetamorphose und Stoffbildung influencirendes Moment sein; wo sie jedoch, wie es fast durchgehends bei den über der Erde befindlichen Pflanzentheilen der Fall ist, nicht höher über die Lufttemperatur hinaussteigt, als um $1/_{12}$ — $1/_3$ ° C., dürfte ein solcher Einfluß kaum annehmbar sein. Hier kommt nicht sowohl die Eigenwärme, als die mitgetheilte Wärme in Betracht, deren Bedeutung für den Lebensproceß der Pflanze Jedermann oberflächlich hinreichend bekannt ist. Viele Pflanzen gedeihen nur in den Tropengegenden, viele nur in der gemäßigten, andere finden wir fast nur in der kalten Zone; im Winter sterben die grünen Pflanzentheile ab, nur im Sommer entwickelt sich ein reiches vegetabilisches Leben. Aber in welcher Weise übt die Wärme der Luft hier ihre Wirkung aus? Wo und wie greift sie in das Leben der Pflanze ein? Eine Wirkung ist klar. Gefriert das Wasser in der Kälte, so hört damit selbstverständlich auch der für das Grünen, Blühen und Fruchttragen derselben erforderliche Saftkreislauf auf. Wo die Temperatur niemals oder nur selten unter den Gefrierpunkt sinkt, ist deshalb auch ein zweimaliges Blühen der Pflanzenwelt in einem Jahre eine bekannte Erscheinung. Aber die Wärme wirkt ohne Frage auch noch in anderer Weise auf die Bildungsprocesse der Pflanze ein. Wo hoher Wärmegrad der Luft mit großer Trockenheit derselben verbunden ist, muß die Verdunstung der Pflanze, die Wassererhalation, eine viel bedeutendere sein, als in kältern und feuchten Klimaten; der Kreislauf des Wassers in der Pflanze muß darnach differiren und für die gesammten Bildungsvorgänge kann das nicht gleichgültig sein. Nach Bunsen's lehrreichen Untersuchungen*) ändert sich ferner die Zufuhr assimilirbaren Stoffes (der Kohlensäure) mit der

*) S. Bunsen: Ueber das Gesetz der Gasabsorption. Liebig und Wöhler's Annalen d. Chemie u. Pharmacie. Bd. 93. Heft 1. 1855.

Temperatur der Luft und dem Barometerstande, denn beide wirken modificirend auf die Absorptionsfähigkeit des Wassers (hier des Regens, des Thaus, der Bodenfeuchtigkeit) für Kohlensäure ein. Bei mittlerem Barometerstande absorbirt 1 Volumen Wasser aus der Atmosphäre

bei 0 ° C. = 0,000744 Volum. Kohlensäure,
„ 5 ° C. = 0,000600 „ „
„ 10 ° C. = 0,000490 „ „
„ 15 ° C. = 0,000415 „ „
„ 20 ° C. = 0,000373 „ „

Die mit einem sehr kohlensäurereichen Gasgemenge in Berührung stehende Bodenfeuchtigkeit absorbirt ferner aus demselben auf 1 Volumen

bei 0 ° C. = 0,00862 Volum. Kohlensäure,
„ 5 ° C. = 0,00760 „ „
„ 10 ° C. = 0,00681 „ „
„ 15 ° C. = 0,00626 „ „
„ 20 ° C. = 0,00595 „ „

Je höher also die Temperatur der Luft und des Erdbodens, um so geringer der Kohlensäuregehalt des Regens, des Thaus, der die Wurzeln benetzenden Bodenfeuchtigkeit und des Pflanzensaftes selbst. Müssen darnach nicht auch die Bildungsvorgänge und Bildungsprodukte verschieden ausfallen? Läßt es sich verkennen, wie Bunsen selbst sagt, daß die Natur in dieser Weise darauf hinzielt, die kümmerliche Vegetation des kalten Nordens mit reicherer Nahrung zu unterstützen und den üppigen Pflanzenwuchs der heißen Klimate durch eine spärlichere Zufuhr in Schranken zu halten? Wir erwähnten so eben der Bodentemperatur. Es ist längst bekannt, daß dieselbe je nach der Farbe des Bodens variirt. Auf der Insel Graziosa (canarische Inseln) fand v. Humboldt neben einander weißen und schwarzen (basaltischen) Sand; während der erstere eine Temperatur von 40 ° C. besaß, zeigte das Thermometer in dem letztern 54,2 ° C. Schübler ferner beobachtete, daß Erdarten bei 20 ° R. Lufttemperatur, wenn ihnen künstlich eine weiße Oberfläche gegeben wurde, eine Temperatur von 33—34,8 ° R., bei einer künstlich schwarz gefärbten Oberfläche dagegen eine Temperatur von 39 °,1—41 ° R. zeigten, während dieselben Erden

in ihren verschiedenen natürlichen Farben im trocknen Zustande von 28°,1—31°,8, im feuchten von 34°,1—37°,9 variirten. Man hat auf diese verschiedenen Temperaturverhältnisse verschieden gefärbter Bodenarten manche Eigenthümlichkeiten in der geographischen Verbreitung der Pflanzen zurückzuführen gesucht. Durch Bunsens Untersuchungen aber ist uns jetzt zuerst eine sichere Grundlage geboten, um den Einfluß jener Verhältnisse auf das Leben der Pflanze richtig zu deuten. Der Kohlensäuregehalt der Luft beträgt in 10,000 Theilen nach Saussure's Untersuchungen im Mittel 4,15 Theile, d. i. in 1 Volum. 0,000415 Volumen; Regen, Thau und Pflanzensaft, falls dieser ein gleiches Absorptionsvermögen für die Kohlensäure hat wie das Wasser, nehmen von diesem Kohlensäuregehalt der Luft je nach der Temperatur und dem Barometerstande verschiedene Mengen auf. Bei 15 ° C. und mittlerem Barometerstande werden z. B. die über dem Boden befindlichen Pflanzentheile nie mehr, als 0,000415 Volum. Kohlensäure aufzunehmen vermögen. In dem Erdboden und namentlich in dem humusreichen Boden findet dagegen eine beständige Kohlensäurebildung statt (s. Vortr. 6); im günstigsten Falle bildet sich hier ein Gasgemenge von 79,007 Stickstoff und 20,993 Kohlensäure, so daß also aller Sauerstoff der atmosphärischen Luft hier durch Kohlensäure vertreten ist. Aus diesem Gasgemenge nimmt nun die den Boden tränkende Feuchtigkeit und weiterhin der Saft der Pflanzenwurzel die Kohlensäure auf. Sie beläuft sich bei 15 ° C. auf die 15fache Menge der aus der Luft aufgenommenen. Aber auch diese Menge variirt nach der Temperatur des Bodens, und es ist leicht ersichtlich, wie different danach die Bildungsvorgänge in der Pflanze selbst sein müssen. — Sollten wir uns hier nicht aber endlich auch wieder jener schon früher (im 5ten Vortrage) erwähnten Worte Humboldt's erinnern, in denen er des Einflusses der Wärme auf die Hervorrufung electro-magnetischer Strömungen gedenkt, in denen er sagt, daß diese auf die Functionen vegetabilischer und animalischer Organismen ihren anregenden Einfluß ausüben? Wir haben noch kaum eine Ahnung davon, wie und wo diese Strömungen in die Bildungsvorgänge, in das Leben der Pflanze überhaupt eingreifen; es ist aber kaum möglich, die Vermuthung eines derartigen Einflusses der Wärme zurückzudrängen, wenn man der wunderbar schönen, in größter Ueppigkeit prangenden Pflanzen-

welt der Tropen, von denen wir in unserer Zone durch das, was uns die Gewächshäuser bieten, nur einen schwachen Begriff bekommen, gedenkt.

Als eines zweiten für die Bildung der organischen Verbindungen im Pflanzenreich sehr wesentlichen Momentes erwähnten wir des Lichtes. Wir können uns noch keine Rechenschaft ablegen, in welcher Weise der Einfluß desselben im speciellen Falle erfolgt, in welcher Weise es Stoffe verbindet oder Verbindungen trennt. Darf man aber bei der Erinnerung an einzelne allbekannte Thatsachen, die das Pflanzenleben betreffen, an seiner Einwirkung auf dasselbe zweifeln? Die oben schon mehrfach erwähnte Verschiedenheit des Gasaustausches der Pflanze bei Tag und bei Nacht ist ein hinreichender Beleg für den Einfluß des Lichtes. Die Bewegungserscheinungen mancher Acacien und Oxalis-Arten werden nicht minder durch den abwechselnden Einfluß und Mangel des Lichtes hervorgerufen. Gelang es doch Decandolle durch künstliche Beleuchtung der Pflanzen während der Nacht und Dunkelhalten derselben während des Tages die Perioden ihres s. g. Wachens und Schlafens umzukehren! Und hat man doch bei Sonnenfinsternissen die Blätter einschlafen sehen, während es umgekehrt bei manchen Pflanzen und namentlich den verschiedenen Oxalis-Arten des hellen Sonnenscheins bedarf, wenn sie ihre Blätter vollständig ausbreiten sollen!*) Es ist ferner eine bekannte Erscheinung, daß Pflanzen, welche im Dunkeln wachsen, eine bleiche Farbe behalten, daß nur erst in Folge des Lichteinflusses die grüne Farbe hervortritt. Schleiden berichtet uns, daß er Hafer auf feuchtem Sande unter einer Bedeckung von Zinkblech keimen ließ, bis die Blattknospe eine Länge von 4 Zoll erreicht hatte; aber dieselbe erschien durchaus bleichgelb. Jetzt wurden die Pflänzchen ausgerissen, abgewaschen, zwischen Fließpapier getrocknet und dann auf weißem Papier zum Austrocknen in die Sonne gelegt. Schon nach 6 Stunden waren fast alle Pflänzchen lufttrocken, aber auch alle grasgrün geworden!**) Einen schlagendern Beweis für den Einfluß des Lichtes kann es nicht geben. Aber nicht nur das; durch die Untersuchungen von Draper,***) Zyantedeschi, Sennebier u. A. ist

*) Vgl. v. Mohl a. a. O. S. 301.

**) Grundzüge d. wissenschaftl. Botanik. II. 1850.

***) Vgl. v. Mohl a. a. O. S. 240.

es auch nachgewiesen, daß die verschiedenen Strahlen des Sonnenspectrums einen bedeutenden Einfluß auf die Menge des ausgeschiedenen Sauerstoffs ausüben. Nach Draper entwickelte sich im rothen Lichte 0,0 Sauerstoff; im rothen und orangefarbenen 24,75; im gelben und grünen 43,75; im grünen und blauen 4,10; im blauen 1,0; im indigofarbenen 0,0. Zyantedeschi,*) dessen Untersuchungen von Dutrochet der Académie des sciences in Paris vorgelegt wurden, kam im Einzelnen nicht zu gleichen Resultaten, erhielt aber im Wesentlichen durch seine Beobachtungen dasselbe Resultat, wie Sennebier und Carradori, daß nämlich die Vegetation kümmerlich von Statten geht, wenn das Licht durch gefärbtes Glas zu den Pflanzen gelangt. So erkennen wir die Wahrheit des Ausspruches von A. v. Humboldt:**) „Das Licht und die von diesem unzertrennliche strahlende Wärme sind für die nicht selbstleuchtenden Weltkörper, für die Oberfläche unseres Planeten eine Hauptursache aller Bewegung und alles organischen Lebens;" mit ihm fühlen wir das Treffende der Worte John Herschel's, der in seinen „Outlines of astronomy", wenn wir es in unsre Sprache übertragen, sagt: „Durch die belebende Thätigkeit der Sonnenstrahlen werden die Pflanzen befähigt, die unorganischen Verbindungen zu assimiliren; sie werden dadurch die Quellen der Nahrung für Thiere und Menschen und zugleich die Quellen jener großen Kraftmengen, die in unsern Kohlenlagern zu technischen Zwecken verwendbar aufgehäuft sind. Die Strahlen der Sonne sind es, die die Wässer des Meeres in Dampfform sich in die Luft erheben lassen, die das Land bewässern und Quellen und Flüsse erzeugen. Sie bringen alle Störungen in dem Gleichgewichte der Elementarstoffe hervor, welche durch eine Reihe von Verbindungen und Trennungen immer neue Stoffe bilden und sich als solche verbreiten."

Wir haben endlich noch der Electricität zu gedenken. Allein über den Einfluß derselben auf die Bildungsvorgänge in der Pflanze ist, wie wir oben schon andeuteten, bis dahin leider! so viel als Nichts positiv festgestellt. „Bei dem jetzt vielfach erforschten, innigen Verkehr

---

*) Academ. des sciences. Paris. May 1844.

**) Kosmos III. S. 44.

zwischen Licht, Wärme, Electricität und Magnetismus" ist nur die Vermuthung nicht fern liegend, daß eben die Electricität eine vor Allem hohe Bedeutung für das Leben der Pflanze besitze, ja daß Licht und Wärme vielleicht zum großen Theil durch Erregung magneto-electrischer Strömungen und dadurch bedingte Stoffverbindungen und Stoffzersetzung ihre Wirkung äußern. Diese Vermuthung wird unterstützt durch die Erfahrungen, welche wir über die stoffzersetzende Kraft der Electricität (die Wasserzersetzung u. s. w.) besitzen, sie wird unterstützt durch die Forschungen du Bois-Reymond's über die electrischen Strömungen in den Nerven des Thierkörpers, deren Einfluß auf die chemisch-physikalischen Bildungsvorgänge in letzterem von so eminenter Bedeutung sind. „Die Electricität des Luftkreises," sagt A. v. Humboldt,*) „wirkt mächtig ein auf die ganze Thier- und Pflanzenwelt; nicht etwa bloß durch meteorologische Processe, durch Niederschläge von Wasserdämpfen, Säuren oder ammoniakalischen Verbindungen, die sie veranlaßt, sondern auch unmittelbar, als elektrische (nervenreizende oder Saftumlauf befördernde) Kraft." — Und nicht nur die Electricität des Luftkreises kommt hier in Frage. Wenn wir uns des von Pouillet und Becquerel gelieferten Nachweises erinnern, daß sowohl die chemische Verbindung von Stoffen, als die Trennung einzelner Verbindungen von Electricitätsentwicklung begleitet ist, wenn wir ferner der von Becquerel und Donné mitgetheilten Beobachtungen gedenken, denen zufolge auch der Diffusionsstrom zwischen sauren und alkalischen durch eine thierische Membran getrennten Flüssigkeiten von Electricitäts-Entwicklung begleitet ist, und wenn wir daneben dann die leicht zu beobachtende Erscheinung des verschiedenartig reagirenden Inhaltes verschiedener Pflanzenzellen, deren oben bereits Erwähnung geschah, berücksichtigen, so ist es klar, daß mit der Nothwendigkeit en- und exosmotischer Strömungen in der Pflanze selbst auch eine Quelle der Electricität gegeben ist, welche für Stoffbildung und Stoffzersetzung nicht bedeutungslos sein kann. Freilich bedürfen die Donné-Becquerel'schen Versuche noch immer einer Revision, es bedarf, wie bei so vielen Beobachtungen electrischer Erscheinungen, des Nachweises, ob, was wir hier mit Hülfe

---

*) Kosmos I. S. 361.

von Instrumenten wahrnehmen, in gleicher Weise auch ohne die Anwendung dieser Statt hat, also nicht durch den Beobachtungsapparat selbst zum Theil hervorgerufen ist. Aber dennoch glauben wir es aussprechen zu dürfen, daß die Zeit nicht ganz fern zu sein scheint, wo durch eine tiefere Einsicht in die electrischen Vorgänge im pflanzlichen und thierischen Organismus ein neues Licht über die Lebensvorgänge derselben, und im Besondern über die stoffverbindende und stoffzersetzende Eigenschaft derselben verbreitet werden wird. Was man in dunkeln Vorstellungen bis dahin als Wirkung hypothetischer Lebens- oder Bildungskräfte aufgefaßt hat, das läßt sich vielleicht in nicht ferner Zeit zum Theil als Effekt electrischer Kraft darstellen. Wie überall, so spricht sich auch in dieser Beziehung wieder der geistvolle Verfasser des Kosmos in seinen „Ansichten der Natur" (S. 226 u. S. 34) eben so anregend, als überzeugend und schön aus. „In allen Theilen der Natur," so heißt es dort, „stehen ungleichartige Stoffe mit einander in Berührung. In allen ist das Starre mit dem Flüssigen gepaart. Wo also Organismus und Leben ist, da tritt electrische Spannung oder das Spiel der Voltaischen Säule ein, wie die Versuche von Nobili und Matteuci, vor Allem aber die neuesten, bewunderungswürdigen Arbeiten von Emil Dubois-Reymond lehren." Und weiter: „Was unsichtbar die lebendige Waffe der electrischen Aale (Gymnoten) ist, was, durch die Berührung feuchter und ungleichartiger Theile erweckt, in allen Organen der Thiere und Pflanzen umtreibt; was die weite Himmelsdecke donnernd entflammt, was Eisen an Eisen bindet und den stillen wiederkehrenden Gang der leitenden Nadel lenkt: alles, wie die Farbe des getheilten Lichtstrahls, fließt aus einer Quelle; alles schmilzt in eine ewige, allverbreitende Kraft zusammen."

Damit wollen wir die Frage nach dem Wie? der Entstehung der organischen Verbindungen in der Pflanze abschließen. Die vielfachen Lücken, an welchen hier unser Wissen noch leidet, haben wir unverhohlen aufgedeckt; aber wir suchten gleichzeitig auch eine Reihe von Gesichtspunkten hervorzuheben, deren Festhalten und weiterer Verfolg uns dem Ziele der tiefern Erkenntniß zu nähern verspricht. Die leichte Zugänglichkeit und unerschöpfliche Fruchtbarkeit des Bodens, um dessen Bearbeitung es sich hier handelt, die Möglichkeit, sich überall bestimmte und

klare Antworten auf richtig gestellte und klare Fragen zu verschaffen, das überaus Interessante und weittragend Bedeutungsvolle des Gegenstandes selbst, sie laden zugleich zur fleißigen Arbeit ein, und schon mit wenigen Hülfsmitteln ist es, sobald nur das richtige Verständniß der Aufgaben nicht fehlt, einem Jeden möglich, sich an ihr zu betheiligen. Giebt es doch eben im Gebiete der Pflanzenphysiologie schon mehre Fragen, deren Lösung nicht sowohl den Fachmännern, als einsichtsvollen und ernsthaft forschenden Freunden der Naturwissenschaften gelungen ist! Nur einige Kenntniß, gesunder Sinn und ein scharfes Auge, und die Pflanze giebt willig die Antwort auf sinnige Fragen.

Wir haben die einzelnen Zellen der Pflanze als die ersten Werkstätten der den organischen Stoff bildenden Natur kennen gelernt. Wohin schafft sie denn, was sie durch tausendfältige Mischung der Elementarstoffe erzeugte, was wir als Produkt der Bildungsvorgänge bezeichneten? Ein stetes Wachsthum, ein unbegrenztes Aufspeichern eingesammelter und verarbeiteter Nahrungsstoffe ist, dem Thiere gegenüber, eine charakteristische Eigenthümlichkeit der Pflanze; doch nicht, daß besondere Organe derselben bestimmt wären, diese Schätze zu bergen, auch hier, wie überall in der Natur, ist Einfachheit das leitende Princip. Was Werkstätte ist, ist Speicher zugleich, und was sie gebildet, das findet sich in den Zellen der Pflanze selbst angehäuft, oder, ausgeschieden von ihnen, erfüllt es die Intercellulargänge oder deckt die Oberfläche einzelner Pflanzentheile. Die stickstoffhaltigen Verbindungen, das Pflanzeneiweiß, das Pflanzencaseïn u. s. w., sie finden sich als schleimige Substanzen in den saftreichen Zellen des Stammes und der Blätter, oder wasserarm in den Zellen der Früchte; das Blattgrün erfüllt in der Form kleiner Kügelchen oder Körner das Innere der Zellen. Das uns unter den stickstofffreien Verbindungen vor Allem interessirende Stärkmehl findet sich ebenfalls in Gestalt kleiner Kügelchen von bald mehr länglicher, kolbiger, bald mehr rundlicher Form in dem Innern der Zellen aufbewahrt; ein Blick nur durch das Microscop auf einen zarten Querschnitt einer Kartoffel, und zu Tausenden sehen wir die von $\frac{1}{500}$—$\frac{1}{6}'''$ an Größe differirenden Kügelchen die zartgefügten Zellen erfüllen. Leicht lassen sie sich dadurch erkennen, daß ein Tröpfchen der braunröthlichen Jodtinctur ihnen sofort die schönste blaue Farbe giebt, und daß sich ein

jedes von ihnen als aus verschiedenen Schichten, die sich allmählig um einen centralen Kern ablagerten, zusammengesetzt darstellt.*) — Der Zucker findet sich in der Regel aufgelöst in dem mehr oder weniger eingedickten Zellsaft, nur selten kommt er ausgeschieden und krystallisirt vor: in reicher Menge ist er bekanntlich in den Stengeln einiger Gräser, in fleischigen Wurzeln und Früchten enthalten. Aber auch ausgeschieden an der Oberfläche kommt er hie und da vor; in flüssiger Form von eigenen Organen der Blüthe, den s. g. Nectarien, abgesondert, dient er hier eben den Bienen und andern Insekten zur Nahrung. Das Gummi kommt aufgelöst im Innern der Zellen vor oder in den s. g. Gummigängen, welche insonderheit in der Familie der Cycadeen und in der Rinde mancher Bäume sehr verbreitet sind. Durch Ueberfüllung und Berstung dieser Gänge wird der flüssige Inhalt dann nach außen entleert, und was wir den „Gummifluß" nennen, wird in dieser Weise verursacht.**) Die Fette, Wachsarten und Harze finden sich endlich entweder in Form von Kügelchen oder als in Wasser lösliche Seifen (Verbindungen der Fettsäuren mit Basen) innerhalb der Zellen, oder sie werden auch auf die Oberfläche der Blätter, Zweige, Rinden u. s. w. in bald größerer, bald geringerer Menge abgesondert, eine Erscheinung, welcher wir tagtäglich und überall begegnen. Die Säuren finden sich, mit Basen zu pflanzensauren Salzen verbunden, im Safte der Zellen; nur selten erscheinen sie frei, d. h. nicht an Basen gebunden. Es sind jene Salze aber in der Regel s. g. saure Salze, und daher der saure Geschmack verschiedener Früchte. Das saure weinsaure Kali giebt den jungen Weintrauben, das saure äpfelsaure Natron-, Kali- oder Kalksalz den unreifen Aepfeln, das saure citronensaure Salz den Citronen zum größten Theil ihren sauren Geschmack. Und ist die Pflanze oder sind gewisse Theile derselben sehr wasserarm, so kommt es auch vor, daß sich die Salze der Pflanzensäuren in Crystallform innerhalb der Zellen ausscheiden; crystallinische Ausscheidungen des oxalsauren Kalkes, des kohlensauren Kalkes oder des schwefelsauren Kalkes werden insonderheit oft in den Zellen gefunden. — So also bewahrt die Pflanze in sich, was sie in

*) Ausführliche eigene Untersuchungen über das Stärkmehl giebt Schleiden in s. Grundz. d. wissensch. Botanik. I. 1849. S. 177 flgde.

**) Vgl. Unger: Anatomie u. Physiologie der Pflanzen. 1855. S. 360.

rastlosem Schaffen erzeugt; gebricht es an Raum, so schafft sie ihn selbst; ja es erscheint sogar der fehlende Raum selbst als ein bedingendes Moment für den schon früher geschilderten Vorgang der Zellentheilung, für das Wachsthum der Pflanze; die erste Faltung der jungen Zellhaut ist nach Pringsheim nur Folge beschränkter Räumlichkeit der Mutterzelle. Ueber all die geschilderten Verhältnisse aber giebt die microscopische Untersuchung irgend welcher Pflanzen und Pflanzentheile leicht Aufschluß. Die grünen Chlorophyllkügelchen, die durch Jod sehr leicht blau zu färbenden Stärkmehlkügelchen, die oft prachtvoll gefärbten Harzkügelchen sind fast tägliche Erscheinungen für denjenigen, der sich mit der feinern Anatomie der Pflanze beschäftigt. Fast ein jeder Quer- oder Längsschnitt eines Pflanzentheils, unter dem Microscope betrachtet, zeigt uns neben dem Bau des Gewebes auch den Inhalt der Zellen, und wo derselbe nicht unmittelbar dem Auge erkennbar ist, da ist durch den Gebrauch nur weniger chemischer Hülfsmittel alsbald die Frage gelöst. —

Die wesentlichsten Erscheinungen des Pflanzenlebens haben wir jetzt einer nähern Betrachtung unterzogen. Wir wissen, wie es sich mit der Aufnahme und Verbreitung der Nahrungsstoffe in der Pflanze verhält, wie es ferner um die Frage nach dem Wie? und Wo? der Bildung und Deposition organischer Verbindungen steht; in einem frühern Vortrage untersuchten wir bereits, wie sich aus diesen in der Pflanze selbst entstehenden Verbindungen die einzelne Zelle bildet, vermehrt und wie damit das Wachsthum der ganzen Pflanze bedingt wird. Es muß einem Jeden überlassen bleiben, die interessanten chemischen Verhältnisse, welche wir bei der Zellenbildung in der Bierwürze kennen lernten, jetzt auf die einzelne Pflanzenzelle zu übertragen und sie in Zusammenhang zu bringen mit demjenigen, was über die en- und exosmotischen Vorgänge, was ferner über die Saftverbreitung in der Pflanze bemerkt wurde. Uebrig bleibt es uns noch, einen Blick auf die wunderbaren Bewegungserscheinungen mancher Pflanzen zu werfen und der Beleuchtung dieser wollen wir zum Schluß eine kurze Betrachtung der Fortpflanzung der Gewächse folgen lassen. —

Wer mit aufmerksamem Blick die Windungen der das Gelände umrankenden Schlingpflanze betrachtet, wer das Sich-Senken und Heben der Blätter der Acacien gesehen hat, der darf in der That durch

die auffallende Art dieser Bewegungen verführt sein, in ihnen ein Gleiches, wie in den willkürlichen Bewegungen der Thierwelt zu suchen. Wir werden überrascht, wenn wir die Mimosa pudica auf einen leisen Reiz, eine Berührung mit dem Finger, die Blätter senken sehen, wir staunen, wenn wir bei eintretender Nacht die Blätter der Acacien wie zu gegenseitigem Schutz aneinandergelegt finden; es will uns kaum glaublich erscheinen, daß die Pflanze diese Bewegungen nicht aus eigenem Antriebe, d. h. willkürlich ausführen soll; und doch haben wir es auch hier wieder ohne Frage mit nichts Anderm, als mit einer Reihe wunderbar geordneter physikalisch-chemischer Verhältnisse zu thun. Wohl ist uns das Gefüge derselben auch hier noch nicht in jedem Falle klar; noch immer ist die Reizbarkeit des Pflanzenzellgewebes eine unläugbare und doch unerklärte Thatsache; aber schon beginnt der wunderbare Vorgang uns verständlicher zu werden, und mehr und mehr wird er durch sinnreiche Experimente enträthselt. Wenn wir, zum größten Theil wenigstens, die Bewegungserscheinungen der Pflanze vollkommen zu beherrschen vermögen, wenn wir dieselben nach Gefallen hindern oder hervorrufen können, so nimmt ihnen das schon im Allgemeinen den Charakter der Willkür, die wir ihnen zuzuschreiben doch so leicht versucht sind. Erfahren wir aber überdies, daß sie, im Einzelnen betrachtet, Effekte bestimmter ponderabler oder imponderabler Agentien sind, so werden wir sicher noch weniger geneigt sein von dunklen Willenskräften der Pflanze zu träumen. Die allbekannte Bewegung des Keimens der Pflanze, in Folge deren er sich stets mit der Wurzelspitze dem Erdboden und mit dem Stammende dem Himmel zuwendet, wurde bereits schon in einem frühern Vortrage (S. 188) nach Knight's und Wigand's Versuchen als eine durch die Schwerkraft an dem in der Entwicklung begriffenen Complexe bestimmter Zellen bezeichnet. Auf rasch gedrehten Scheiben, die mit Erde bedeckt waren, ließ Knight Saamen keimen, die Schwerkraft wurde durch die Centrifugalkraft verdrängt, und nicht mehr in den Boden, sondern gegen die Peripherie der Scheibe hin sandte der Keim seine Wurzel aus. — Eine Einwirkung des Sonnenlichtes ist es, daß sich die Blätter fast aller Pflanzen mit ihrer dunklen Oberfläche dem Lichte zuwenden, daß sich die Blätter von Acacien u. s. w. Nachts heben und am Tage senken, daß sich manche Ranken nach dem

Lichte zu krümmen, andre hingegen (z. B. von Vitis und Ampelopsis quinquefolia) auch umgekehrt von demselben wegwenden. Durch künstliche Modification des Lichtes vermögen wir diese Bewegungserscheinungen zu modificiren und es ist damit eben der Beweis geliefert, daß sie unter dem Einfluß des Lichtes stehen. Allein freilich, wie das Licht selbst nun auf die chemischen oder physikalischen hier in Betracht kommenden Verhältnisse der Pflanze einwirkt, ist bis dahin unenträthselt; denn wenn Dutrochet es auch versuchte, die Erscheinungen auf durch das Licht bedingte Modificationen en- und exosmotischer Vorgänge zurückzuführen, wenn er auch behauptete, daß die Krümmung eines Pflanzentheils von der in Folge des Lichteinflusses gesteigerten Ausdünstung der beleuchteten Seite und dadurch bedingten Zusammenziehung derselben abhängig sei, so hält ihm von Mohl*) mit Recht entgegen, weshalb denn einzelne Theile das Licht geradezu fliehen, während andre es suchen, und die einfache Wendung der dunklen Blattoberfläche gegen das Licht hin ist damit ebenfalls nicht erklärt. — Durch äußerlich angebrachte Reize wird eine dritte Art von Bewegungen der Pflanze hervorgerufen. Insonderheit einige Leguminosen und vor Allem die Mimosa pudica, sodann einige Oxalideen und Droseraceen zeichnen sich in dieser Beziehung aus; im geringen Grade aber auch, nach von Mohl's Beobachtungen, die Stengel und Ranken der Schlingpflanzen. Wie weit entfernt sind wir noch, diesen räthselhaften Erscheinungen der Reizbarkeit eine klare Deutung zu geben! Und doch, auch hier nähert man sich schon nach den Fundamentalversuchen von Lindsay und Dutrochet dem richtigen Verständniß, schon mit großer Gewißheit darf es ausgesprochen werden, daß eine auf angebrachte Reize entstehende Erschlaffung und Turgescenz gewisser Zellengruppen die Bewegungen herbeiführt. Was namentlich die Mimosa pudica anbetrifft, so ist der gemeinschaftliche Blattstiel dieser Pflanze durch ein stark angeschwollenes Gelenk mit dem Stamme verbunden und ähnliche Gelenke finden sich an der Basis der secundären Blattstiele und der einzelnen Blättchen. Auf

---

*) S. v. Mohl's ausgezeichnete Bearbeitung dieses Gegenstandes in seinen mehrerwähnten Artikel in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie: „Die vegetabilische Zelle.“ S. 299.

eine stärkere Reizung, z. B. eine Erschütterung, oder auf einen auf die untere Seite des Gelenkes ausgeübte Reizung senkt sich das ganze Blatt in Folge einer Biegung des am untern Ende des gemeinschaftlichen Blattstiels gelegenen Gelenkes, und war die Reizung stark genug, so nähern sich auch die secundären Blattstiele einander und legen sich die Blättchen, indem sie sich nach vorn und oben drehen, dachziegelförmig über den secundären Blattstielen zusammen. Wodurch wird diese Bewegung bedingt? Der folgende Versuch giebt darüber annähernd einen Aufschluß. Wenn man mitten aus dem bezeichneten Gelenke der Länge nach eine Platte ausschneidet, welche also in ihrer Mitte aus dem Gefäß- oder Holzbündel, zu beiden Seiten aber aus einer Schichte parenchymatösen Zellgewebes besteht, und wenn man diese Platte nun in drei Streifen schneidet, von welchen der mittlere aus dem Gefäßbündel, die beiden seitlichen aber aus Zellgewebe bestehen, so dehnen sich die letztern Stücke sogleich um $1/_5$ ihrer Länge nach aus. Daraus erhellt, daß das centrale Gefäßbündel im Verhältniß zur turgescirenden Zellgewebsmasse des Gelenkes zu kurz ist, und daß die letztere im unverletzten Gelenke in der Richtung der Längenachse des Gelenkes zusammengedrückt ist. Im unverletzten Gelenke hält nun die Ausdehnung des Zellgewebes der obern Seite der Ausdehnung des die untere Seite bildenden Zellgewebes das Gleichgewicht, und eine Krümmung des Ganzen wird dadurch vermieden. Wird dagegen vom Gelenke eines noch am Stamm befindlichen Blattes das Zellgewebe der obern Seite bis auf das centrale Gefäßbündel weggeschnitten, so kann das seines Gegendruckes beraubte Zellgewebe der untern Seite seiner Ausdehnung folgen und das Blatt wird in Folge derselben sogleich steil in die Höhe gehoben; das Umgekehrte aber erfolgt, wenn das Zellgewebe der untern Seite entfernt wird, nicht eine Hebung, sondern eine Senkung des Blattes tritt ein. Sollte nicht dadurch zum Theil die so wunderbare Bewegungserscheinung erklärt werden? Wir müssen uns denken, daß ein ähnlicher Effekt, wie durch die Wegnahme der Zellen an der untern Seite des Stiels durch eine Berührung, Reizung u. s. w. derselben herbeigeführt wird; es scheint, als ob die Zellen dadurch gleichsam gelähmt, ihres Bestrebens sich auszudehnen, oder ihres sie ausdehnenden Inhaltes zum Theil beraubt werden, und das Blatt sich

nun in Folge der Ausdehnung der an der obern Seite des Blattstiels befindlichen Zellen senkt. Allein verhehlen wir es uns nicht, daß damit dennoch das Warum? der Erschlaffung der fraglichen Zellen noch keineswegs erklärt ist; nur nach einer Seite hin ist über den Vorgang einiges Licht verbreitet und künftigen Forschungen der Weg gewiesen. — Das Sichanschmiegen und Umschlingen der Ranken vieler Schlingpflanzen um gewisse dargebotene Gegenstände führt von Mohl auf eine gleiche Reizbarkeit des Zellgewebes der Ranken zurück, und daß sich Schlingpflanzen, welche sich von einer Stütze entfernt befinden, derselben dennoch mit ihren Ranken nähern, um an ihr hinaufzuwachsen, erklärt ebenfalls er auf eine höchst einfache Weise aus einer eigenthümlichen, dem Stamme dieser Pflanzen zukommenden drehenden Bewegung, einer Bewegung, deren Ursache gleichfalls freilich bis dahin noch nicht ermittelt ist, wahrscheinlich aber, wie bei jenen Gelenken der Mimosa auf einen großen Reichthum saftigen Zellgewebes an dem Stamme der Schlingpflanzen zurückgeführt werden muß. Endlich sind uns noch einige sehr auffallende Bewegungserscheinungen niederer sowohl, als höherer Pflanzen bekannt, für die uns bis dahin aber jede annehmbare Erklärung mangelt. Es gehört hierher die räthselhafte Erscheinung der Ortsbewegung im Wasser lebender Algen, die Diatomeen, Desmidieen und Oscillatorien. Aus einzelnen Zellen oder Zellenreihen bestehend, zeigen diese einfachsten Pflanzen bald ein Vor- und Rückwärtsweichen, bald ein pendelartiges Schwingen, und bescheint die Sonne das Wasser oder den Schlamm, in denen sie sich aufhalten, so steigen sie in die Höhe, an die Oberfläche des Wassers, eine Andeutung, daß das Licht auch hier wenigstens nicht ganz ohne Einfluß ist. Es gehört hierher ferner die merkwürdige Bewegungserscheinung an dem Hedysarum gyrans. An den dreizähligen Blättern, welche diese Pflanze besitzt, zeigt das Mittelblatt, indem es sich bei Nacht senkt und bei Tage hebt, die gewöhnlichen Schlafbewegungen; die sehr kleinen Seitenblättchen befinden sich dagegen Tag und Nacht in einer ruckweisen Bewegung, durch welche sie abwechselnd gehoben und gesenkt werden. Und ebenfalls hierher gehört jene Bewegung, welche Lindley und Morren an der Honiglippe einer Orchidee, des Megaclinium falcatum beobachteten. Morren zwar überzeugte sich auch hier von einer der oben

erwähnten ähnlichen abwechselnden Anschwellung bald der obern, bald der untern Parthie des Zellgewebes, welches den Stiel der Honiglippe bildet; allein die Ursache dieser Anschwellung ist auch hier noch in Dunkel gehüllt und kaum noch vermögen wir zu ahnen, um welche Verkettung physikalisch-chemischer Verhältnisse es sich hier handelt.

Wir kommen zum Schluß. Die Natur deckt, wie Schleiden in seinem „Leben der Pflanze" sagt, immer den Tisch für die allzeit der Nahrung bedürftige Thierwelt; mit weiser Vorsicht hat sie Sorge dafür getragen, daß es ihr nicht mangelt, daß ihre Vorräthe nicht erschöpft werden. Prüfen wir denn, in welcher Weise sie die Fortpflanzung der Gewächse geordnet hat. Was uns in mannigfaltiger Weise auch hier wieder an neuen Erscheinungen entgegentritt, wollen und können wir nur in Kürze berühren.

Durch einfache Theilung der Zelle wird bei den niedrigsten Pflanzenarten, den einzelligen Algen (den Diatomeen und Desmidieen) die Vermehrung herbeigeführt. Ganz nach dem früher geschilderten Vorgange theilt sich eine Mutterzelle in zwei, mitunter auch in vier junge Zellen. Getrennt von einander oder durch eine schleimige Masse zusammengehalten beginnen diese ihr eigenes Leben. Die Theilung wiederholt sich an jeder von ihnen, und eine Brut gebiert in rascher Aufeinanderfolge die andre. Bei den mehrzelligen Algen (Oscillatorien u. s. w.), deren Wachsthum ebenfalls durch Zellentheilung bedingt war, verhält es sich schon anders. Von ihnen trennen sich, wenn sie eine bestimmte Entwicklung erlangt haben, einzelne kleinere Stückchen, vielleicht einzelne oder zwei oder drei zusammenhängende Zellen ab, und jedes von diesen entwickelt sich nun wieder zu einer neuen Alge. Wir haben hier den einfachsten Fall der bei den höhern Organismen auf das mannigfachste variirenden, wesentlichsten Fortpflanzungserscheinung vor uns; es löst sich ein Theil des mütterlichen Organismus, sobald er eine bestimmte Reife erlangt hat, ab, und dieser entwickelt sich bald ohne, bald nur in Folge einer weiteren Befruchtung wieder zu einem dem mütterlichen gleichen Organismus. Die abfallenden Zellen nennt man im gegenwärtigen Falle: die B r u t z e l l e n; die ganze hier beschriebene Art der Fortpflanzung findet sich aber nur bei den niedrigsten Kryptogamen, den genannten Algen, einigen Pilzen, Flechten und noch bei einem Theile der Lebermoose. —

In einem dritten Falle bilden sich an bestimmten Stellen einer Pflanze, häufig namentlich an den Blättern und in dem Winkel der sog. Adern des Blattes, die sog. Brutknospen, Fortpflanzungszellen, welche, durch wiederholte Theilung aus einer einzigen Zelle hervorgehend, entweder der mütterlichen Pflanze vereint bleiben oder abfallen und sich dann selbständig zur neuen Pflanze entwickeln. Diese Art der Fortpflanzung findet sich bei verschiedenen Lebermoosen (Lunularia, Marchantia), und nach Schimper's Untersuchungen namentlich bei den Laubmoosen. Selbst aus den Zellen abgerissener Blätter können sich bei diesen Brutknospen entwickeln. — Ganz dieselbe Art der Fortpflanzung kommt auch bei höhern Gewächsen vor; hier scheint aber allemal eine gewisse Menge, ein Complex von Zellen erforderlich zu sein, damit sich aus einer derselben eine Brutknospe entwickelt; die einzelne Zelle für sich besitzt ein solches Vermögen nur bei den Kryptogamen. Es findet sich diese Art der Fortpflanzung regelmäßig namentlich bei vielen Farrnkräutern, und selbst noch an den Blättern fossiler Arten derselben, die wir früher in der Steinkohle kennen lernten, kann man mit bloßem, und besser noch mit bewaffnetem Auge eine große Anzahl von Brutknospen wahrnehmen. Sobald im natürlichen Laufe der Vegetation solche Blätter absterben und abfallen, bleiben jene Brutknospen lebensfähig und entwickeln sich zu eigenen und neuen Pflänzchen. Hierher ist ferner auch die Art der Fortpflanzung durch sog. Ausläufer oder Stecklinge, wie sie bei der Erdbeere, den Weiden, den Cacteen u. s. w. bekannt ist, zu rechnen. An den abgetrennten oder auslaufenden Theilen der Pflanze bilden sich aus einzelnen Zellen Brutknospen und diese entwickeln sich nun entweder zu Stamm- und Wurzelknospen zugleich, — so bei den Ausläufern der Erdbeere —, oder zur Stamm- oder Wurzelknospe allein, je nachdem der abgenommene Theil der Mutterpflanze Stamm- oder Wurzelknospen schon an sich trug, — so bei den Weiden und Cacteen. Auch selbst abgetrennte Blätter, und namentlich solche, die reich sind an Saft und Parenchymzellen, vermögen Brutknospen und damit neue Pflänzchen zu entwickeln, wie es Schleiden in seinem „Leben der Pflanze“ von Bryophyllum calycinum bildlich darstellt und wie es an Aloëblättern oder an den lederartigen Blättern von

Citrus, Ficus elastica u. s. w. beobachtet werden kann. *) — Endlich gehört hierher auch die Fortpflanzung durch Zwiebeln oder Knollen. Zwiebeln und Knollen sind in der That nichts, als in der Erde gebildete, starke, fleischige Brutknospen; in der Regel entwickeln sich dieselben aber erst dann zu eigenen Pflanzen, wenn sie von der Mutterpflanze getrennt sind.

Die vierte und fünfte Art der Fortpflanzung der Gewächse ist die durch Sporen und Saamen. Die Sporen sind die eigentlichen Saamen der blüthenlosen Pflanzen, der Cryptogamen. Sie sind einfache Zellen, die einzeln oder zu mehren in einer Mutterzelle (dem sog. Sporangium) ohne vorhergehende Befruchtung derselben, entstehen, eine organisationsfähige Flüssigkeit enthalten, mitunter auch schon wieder einige Tochterzellen gebildet haben, und sich, von der Mutterzelle ausgestreut, nun zu eigenen Pflanzen entwickeln. Selten jedoch, und es ist das sehr bemerkenswerth, erfolgt diese Entwicklung ohne Weiteres, selten geht die Pflanze unmittelbar aus der Spore hervor. Nur bei den niedrigsten Cryptogamen, den Pilzen, Flechten und Algen wird eine solche unmittelbare Entwicklung der Pflanze betrachtet. **) Bei den übrigen durchläuft die Spore erst ein Entwicklungsstadium. Es bilden sich entweder, wie bei den Laubmoosen, confervenartige Fäden, oder, wie bei den Farrnkräutern und Lycopodiaceen, flächenartige, zellige Gebilde, auf denen sich zwei wesentlich verschiedene Organe, die Antheridien und Keimorgane, entwickeln. Die Keimorgane bilden dann erst den Keim der sich entwickelnden Pflanze, die Antheridien entsenden dagegen die räthselhaften sog. Schwärmfadenzellen, d. h. lebhafte Bewegungen zeigende Zellen mit einem spiralig gewundenen, bewimperten oder unbewimperten Faden, der sich aus dem Kern der Zelle hervorbildet. In Antheridien und Keimorganen hat man hier etwas Aehnliches vor sich, wie in den männlichen und weiblichen Blüthenorganen, den Staubfäden und dem Pistill, der höher entwickelten Pflanzen; allein die etwaige Bedeutung der Schwärmfadenzellen für die Entwicklung der eigentlichen Keimzellen ist noch gänzlich unbekannt, und es bedarf hier noch vieler

---

*) S. Mohl a. a. O. S. 264.

**) Vgl. Schacht: „Die Pflanzenzelle." S. 396.

Beobachtungen, bevor wir den ganzen Entwicklungsvorgang zu übersehen vermögen.

Ueber die Bildung der Saamen endlich und über die Fortpflanzung der Gewächse durch solche wurde schon am Schluß des vorhergehenden Vortrages Einiges bemerkt. Der Zellen- (Pollen-) bildung in den Antheren, der Schlauchbildung dieser auf das Pistill fallenden Zellen, des Eintritts des Schlauches in den Fruchtknoten, der zweifelhaften Abschnürung des Pollenschlauches hieselbst und der Entwicklung seiner selbst oder einer im Fruchtknoten enthaltenen Keimzelle zum Keime haben wir dort schon gedacht. Diese Art der Fortpflanzung findet sich bei allen blüthentragenden Gewächsen oder Phanerogamen. Ausführlicheres darüber findet sich bei von Mohl,*) Schacht**) und Schleiden.***)

So haben wir den innern Bau der Pflanze und das sie erfüllende Leben, so weit es hier möglich war, einer nähern Prüfung unterzogen. Wie mancher Frage begegneten wir, welche noch ihrer Lösung wartet! Wie wenige Lebenserscheinungen im Reiche der Vegetabilien haben bis dahin eine befriedigende Erklärung gefunden! Muß es in der That nicht auffallend erscheinen, daß während die Bahnen und Größenverhältnisse in endloser Ferne von uns kreisender Gestirne mit bewunderungswürdiger Schärfe berechnet und mit Sicherheit ermittelt sind, das uns so nahe liegende Leben der allzeit zugänglichen Pflanzen, dem es an fleißigen und geistvollen Forschern doch keineswegs gefehlt hat, in so vieler Beziehung noch unenträthselt blieb? Doch staunen wir nicht; bewundern wir vielmehr die wie im Großen, so auch im räumlich Kleinsten sich offenbarende Größe des Schöpfers und bedenken, daß die Ermittlung der Naturgesetze um so schwieriger ist, je zarter die Gegenstände selbst sind, an welchen sie zur Erscheinung kommen. Daß es sich hier, wie wir es oben schon voranstellten, nur um die Ermittlung einer Reihe physikalischer und chemischer Vorgänge und der engen Verkettung derselben handelt, darf uns nicht mehr zweifelhaft sein. Um so größer

---

*) A. a. O. S. 280.

**) Die Pflanzenzelle. S. 405.

***) Grundz. d. wissenschaftl. Botanik. S. 513.

aber, als die Schwierigkeit eben dieser Ermittlung ist, um so kräftiger nur sei das Streben. Nun uns durch die große Vollkommenheit unserer optischen Instrumente, so wie durch die bedeutenden Fortschritte der Chemie und Physik, so manche Unterstützung geboten wird, steht auch der Arbeit neuer Gewinn in Aussicht, und mächtig muß es uns hinziehen zu der Lösung von Fragen, welche in verschiedener Beziehung von der weittragendsten Bedeutung sind. — Was die Pflanzenphysiologie der landwirthschaftlichen Praxis unmittelbar geleistet hat und noch zu leisten vermag, kann nur dem noch unklar sein, der für naturwissenschaftliche Thatsachen überhaupt kein Verständniß hat. Aber das ist es nicht allein. Es handelt sich hier nicht nur um die Erforschung eines für sich abgeschlossenen Gegenstandes und die Erforschung dessen, was die Pflanze selbst betrifft; das Streben gilt vielmehr gleichzeitig der Entwicklung allgemeiner Gesetze, die das Entstehen organischer Verbindungen und einfachster Lebensformen, die das Leben der Organismen überhaupt beherrschen, und damit erlangt es wie auf der einen Seite eine tiefe allgemein-naturwissenschaftliche Bedeutung, so auf der andern, in richtiger Verwendung seiner Resultate für die thierischen Organismen, auch wieder einen hohen praktischen Werth. Dieselben Stoffe, dieselben Kräfte, welche das Leben der Pflanze bedingen, bedingen zum großen Theil auch das Leben des Thieres. Wir wissen es wohl, es durchkreist die Pflanze kein Blut, getrieben von einem pulsirenden Herzen, es belebt ihren Bau kein Nerv, aber die Erkenntniß der Bildung und der Metamorphosen der organischen Verbindungen in ihr, wird uns die Einsicht eröffnen in die Metamorphosen und den Zerfall derselben Verbindungen im thierischen Organismus; das Abhängigkeitsverhältniß welches zwischen ihnen und den mineralischen Bodenbestandtheilen in der Pflanze obwaltet, wird uns Aufschlüsse geben über gleiche oder ähnliche Beziehungen im Thierkörper; und haben endlich Licht, Wärme und Electricität einen Einfluß auf das Leben jener, so wird die Erkenntniß des Wie? dieses Einflusses auch nicht ohne Bedeutung sein für die Darlegung des Einflusses derselben Agentien auf die Thierwelt. Wird in dieser Weise die Pflanzenphysiologie nicht zu einem mächtigen Stützpunkte für die Lehre vom thierischen Leben? Und hat das richtige Verständniß des letztern nicht sofort auch einen hohen praktischen Werth?


Möchte die Zeit doch nicht fern liegen, wo das Studium der Pflanzenphysiologie eingereiht wird unter die **wesentlichsten** Aufgaben heranzubildender, praktischer Aerzte; von ihr ist der Ausgang für die Erforschung der Lebenserscheinungen der Organismen nur um so mehr zu nehmen, als uns hier in möglichst einfacher und leicht zu übersehender Form entgegentritt, was in dem Getriebe des thierischen Organismus durch die größere Anzahl concurrirender Verhältnisse und durch die schwierig zu durchschauende Complication der einzelnen Lebensvorgänge mehr oder weniger verdeckt wird.

Noch immer halten wir unser oben entworfenes Bild im Auge; ob uns auch manche Lebenserscheinung der Pflanze in ihrem innersten Wesen noch unklar ist, mehr und mehr erschließt sich uns dennoch das tiefere Verständniß desselben. Die einzelnen Bahnen des kreisenden Stoffes haben wir schon früher in die Pflanze hinein verfolgt; die Bedeutung der einzelnen Stoffe, die Verbindungen, zu welchen sie sich zusammenfügen, sind uns jetzt klar geworden. Dasselbe Wasser des Baches tränkt den Boden der Wiese, wie den des Baumes; der Boden zur einen Seite ist nicht verschieden von dem Boden zur andern. Aber dennoch entwickelt sich hier die Eiche und Buche, dort das Gras und die Wiesenflora. Haben wir nicht eine Einsicht erlangt in die Wege, auf denen die Natur diese ihre Zwecke erreicht? — Weiter sehen wir in den Zellenreihen den Saft sich umtreiben, sehen die Zellen selbst sich theilen und mehren, wissen, wie Baum und Gras wachsen und Keime für zukünftige Generationen entstehen; über das Ganze aber gießt die Sonne ihr belebendes Licht aus, und mit geheimnißvoller Kraft zaubert sie das Kleid hervor, welches die Pflanzenwelt schmückt. — Wenden wir unsere Aufmerksamkeit jetzt den thierischen Organismen zu, welche unser Bild uns vorführte. Was die Pflanze gebildet, ist zur Bildung, zur Nahrung des Thierkörpers bestimmt. Wie sie selbst zum Bestandtheil des letztern wird, wie sie sein Wachsthum, seine Existenz bedingt, welchen neuen Lebenserscheinungen sie damit die Grundlage giebt, in welcher Form sie endlich den thierischen Organismus wieder verläßt, das zu untersuchen soll die Aufgabe unserer fernern Betrachtungen sein. —

Berichtigungen.

S. 5 Z. 6 v. o. statt „in seiner höhern," lies: „seiner höhern."
„ — „ 1 „ u. S. 6 Z. 1 v. o. lies: Skizzen aus der Natur als eines besondern Hebels der Liebe zu den Naturwissenschaften gedenkt, hat von Humboldt in seinen Ansichten der Natur ein treffliches Wort gewidmet.
„ 7 „ 14 „ o. statt „festzuhalten," lies: „festzuhalten ist."
„ 21 „ 13 „ u. „ „besteht," lies: „versteht."
„ 24 „ 5 „ o. „ „mehr" lies: „mehre."
„ 34 „ 11 „ „ „ „salpetersaures" lies: „salpetersaurer."
„ 36 „ 13 „ u. „ „diese" lies: „die."
„ 40 „ 3 „ o. „ „+ Kali" lies: „Kali."
„ 63 „ 15 „ „ „ „auf gegen Kern" lies: „gegen den Kern."
„ — „ 22 „ „ „ „von etwa einer geographischen Meile Höhe" lies: „von einer Höhe von etwa zehn geographischen Meilen."
„ 70 „ 12 „ „ „ „Jahrtausende entstandenen" lies: „Jahrtausende."
„ 74 „ 14 „ „ „ „Abkühlung der" lies: „Abkühlung der damaligen."
„ 96 „ 3 „ u. „ „Garamorphismus" lies: „Paramorphismus."
„ 107 „ 7 „ „ „ „Temperatur, grade" lies: „Temperaturgrade."
„ 114 „ 6 „ „ „ „enist" lies: „einst."
„ 122 „ 3 „ o. „ „Felicee" lies: „Filicee."
„ 126 „ 6 „ „ „ „Monotyledonen" lies: „Monocotyledonen."
„ 127 „ 1 „ „ „ „Dycotyledonen" lies: „Dicotyledonen."
„ 145 „ 13 „ „ „ „Cassians" lies: „Cassian."
„ 148 (Fig. 44 u. 45) gehört hinter das Wort (Echiniden); (Fig. (46) bleibt hinter „ausgezeichnet" stehen.
„ 157 Z. 3 v. o. statt „ziemlich" lies: „zierlich."
„ 177 „ 3 „ u. die Lettern: u. a. O. müssen hinter „Schweiz" stehen.
„ 240 „ 5 „ o. statt „Zellenbildung" lies: „Zellentheilung."
„ 250 „ 15 „ „ „ „Verfolgung" lies: „Verholzung."


Druck von M. Bruhn in Braunschweig.



Idealer Durchschnitt der Erdrinde.

Holzschnitt von G. Mezger
Farbendruck von M. Bruhn } in Braunschweig





Das Reich der Polÿpen.

1, Der Meerschirm *Lucernaria auricula*. 2, a. Seefeder *Pennatula grisea*. b. einzelner Polÿp derselben stark vergröfsert. 3, Seeanemone *Actinia plumosa*. 4, Ruthenkoralle *Virgularia mirabilis*. 5, Pilzkoralle *Fungia agariciform*[is] a. von oben, b. von der Seite. 6, Labÿrinthkoralle *Maeandrina daedalea*. 7, Hornwedel *Gorgonia ventalina*. 8, Edelkoralle *Corallium rubrum*, a. der Stock, b. einzelner Polÿp vergröfsert. 9, Venusfächel *Gorgonia flabe*[llum]. 10, Netzkoralle *Retepora reticulata*. 11, Augenkoralle *Oculina virginea*. 12, Sternkoralle *Astraea helianthoides*. 13, Seerinde *Flustra vicularis*. 14, Orgelkoralle *Tubipora Chamissonis*. a. Korallenstück in natürlicher Gröfse

Neunter Vortrag.

Ueber die Gränzen und Unterschiede zwischen Pflanze und Thier und die verschiedenen Entwicklungsarten der einzelnen Thierformen.

Bevor wir in Ausführung unserer Aufgabe zur Untersuchung der Entwicklung, des Baues und der Lebenserscheinungen des Thieres und insonderheit des Menschen selbst übergehen, sei unsere Aufmerksamkeit einigen allgemeinern Fragen zugewandt, Fragen, welche eine genauere Berücksichtigung erfordern, als wir sie ihnen bis dahin zu Theil werden lassen konnten und welche sich uns eben beim Beginne der Betrachtung des Thierreichs unabweisbar aufdrängen. Es betreffen dieselben das allgemeine Verhältniß des letztern zum Pflanzenreich, das Verhältniß beider dieser Reiche zu dem der unorganisirten Körper, und insonderheit das Verhältniß des Menschen zur übrigen Schöpfung; es handelt sich ferner darum, die Gränze zwischen Pflanze und Thier zu bestimmen und die wesentlichen Unterschiede zwischen beiden in kurzen und allgemeinen Zügen hervorzuheben. Die Antwort auf diese Fragen werden wir zwar nicht geben können, ohne etwas weiter auszugreifen, ohne auch auf die Frage nach dem Zwecke der Schöpfung überhaupt einzugehen; ob wir uns damit aber auch für einen Augenblick von unserer Hauptaufgabe, der Darlegung physiologischer Thatsachen, entfernen und in das naturphilosophische Gebiet übergreifen, hier und dort wird ein solcher Uebergriff selbst zur Nothwendigkeit. Ueber das Streben nach Erkenntniß all' der einzelnen Erscheinungen, Stoffe, Kräfte und Formen, die uns die Natur darbietet, darf man das Streben nach einer Einsicht in den höhern Zusammenhang und Zweck derselben, nach Erkenntniß der Einheit in dem All nicht vernachlässigen; ein zusammenhangloses Wissen oder Darstellen vielfacher Einzelnheiten genügt den höhern Anforderungen des Geistes nicht. —

Welchen Zweck sollen wir aber als den vornehmsten der uns zunächst umgebenden Schöpfung, — denn nur diese kann Gegenstand unserer tiefern Forschung sein —, betrachten? — Nach Allem, was wir bisher über die Entwicklungsgeschichte des Erdkörpers und seiner Bewohner erfahren haben, will es in der That scheinen, daß die sämmtlichen Ereignisse, welche denselben trafen, nur auf die Erschaffung des Menschen, als eines Wesens, welches zur Erkenntniß des Schöpfers selbst befähigt sein sollte, hinzielten. Mit der Erschaffung des Menschen hat der uns zunächst umgebende Theil der Schöpfung gegenwärtig seinen Gipfelpunkt erreicht; er allein ist das bevorzugte Wesen, welches vermöge seiner Sinnes- und Denkorgane das Geschehen in der Natur zu begreifen und aus ihm auf das Dasein eines allmächtigen Schöpfers zu schließen vermag.

Die Ausführung dieses Planes sehen wir mit der Herstellung unorganischer Verbindungen, mit der Bildung todter, unorganisirter Körper aus den ursprünglichen, einzelnen Elementarstoffen beginnen. Ein Moment trat sodann ein, wo sich nach unserer früheren Darstellung dieser Stoff zu neuen, sog. organischen Verbindungen zusammenfügte, wo er in unmittelbarer Folge auch in neuer Form erschien, und von jenem Zeitpunkt an standen sich fortan zwei große Reiche von Naturkörpern einander gegenüber; dort das der unorganisirten, hier das der organisirten. — Aber es mußte sich das letztere verschieden gestalten, wenn anders der zeitweilige Bestand und eine stete Neuschaffung der vergänglichen Lebensformen, wenn die Entstehung, Entwicklung und Existenz des Menschen ermöglicht werden sollte. Es mußten Organismen entstehen, welche den rohen, unorganisirten Stoff „aneinanderreihen, und vorbereitend mischen, was sich nach tausend Umwandlungen zur regsamen Nervenfaser veredlen" sollte, Lebensformen, welche den Stoff der untergegangenen Generationen von Neuem zusammenfügend, eine nothwendige Bedingung waren für die Realisation des Stoffkreislaufs, als des Mittels der Erhaltung und steten Wiedererstehung der organisirten Wesen; und wieder mußten Organismen vorhanden sein, welche die Kreisbahn des von der Pflanzenwelt zusammengefügten Stoffes auch nach der andern Seite hin fortführten, Lebensformen, welche jenen Stoff, wenn auch erst nach wieder tausend Metamorphosen, schließlich dennoch den Quellen zurückgaben, aus welchen er stammte,

welche möglicherweise sogar für die Erschaffung des Menschen selbst eine nothwendige Bedingung waren. Von Anbeginn an ging deshalb auch die Entwicklung der organisirten Körper nach zwei verschiedenen Richtungen hin auseinander; hier resultirte aus einer bestimmten Combination von Stoffen und Kräften die Pflanze, dort aus einer andern Combination derselben das Thier. — Sollte aber der Mensch existiren sollte sein Geschlecht selbst ein zahlreiches werden, sollte überall seinen verschiedenartigsten Bedürfnissen Genüge geschehen, so mußten auch Pflanzen und Thiere in reicher Anzahl und Mannigfaltigkeit vorhanden sein; jene, um überall auf die Beschaffenheit der Atmosphäre der Art einzuwirken, daß der Mensch darin zu existiren vermochte, um überall ferner eine hinreichende Menge und geeignete Art von Stoffen zu bereiten, die seine Existenz sicherten; diese, um überall den organischen, für höhere Zwecke nicht verwandten oder verwendbaren Stoff alsbald und in bestimmter Form in das Reich der unorganisirten Körper zurückzuführen und in dieser Weise leicht mögliche Störungen in dem ewigen Kreislauf des Stoffes zu verhüten, um andrerseits ebenfalls diesen oder jenen Bedürfnissen des Menschen zu entsprechen. — Es ist klar, daß uns nach dieser Anschauung der Kreislauf des Stoffes nur Mittel zur Erhaltung des Bestehenden und zur Realisation des höchsten Zweckes der gegenwärtigen Schöpfungsperiode ist; daß uns Pflanzen und Thiere aber als die Werkglieder in dem mächtigen Apparate erscheinen, der jenen Kreislauf zu verwirklichen bestimmt ist, und daß wir in ihrer unendlichen Mannigfaltigkeit nicht sowohl einen Zweck, als insonderheit ein nothwendiges Mittel zur Erreichung jenes höchsten Zweckes, d. h. der zeitweiligen Existenz des Menschen, erkennen.

Wir wollen damit nicht in Abrede stellen, daß auch die Mannigfaltigkeit der Pflanzen- und Thierformen, wie Alles in der Natur, in gewisser Beziehung als eine bezweckte betrachtet werden darf. Können wir in ihr doch schon als in einer Manifestation der Größe des Schöpfers einen Zweck nicht wohl verkennen, und scheint es doch, als ob die Oberfläche der Erde durch ein prachtvolles, in tausend Farben prangendes Kleid geschmückt werden, so wie durch ein buntbewegtes Leben den Charakter der Eintönigkeit, der ewigen Ruhe verlieren sollte! Allein eine genauere Prüfung des Eingriffs jener zahllosen Organismen in den

großen Haushalt der Natur, so wie eine sorgfältige Berücksichtigung ihrer Leistungen führt uns dennoch zu der obigen Vorstellung hin. — Ueberall und zu den verschiedensten Zwecken mußte sich ein reiches vegetabilisches Leben entfalten, aber nicht überall konnte dieser Anforderung durch dieselbe Form entsprochen werden. Anders mußte die Wasserpflanze gebaut sein, anders die Landpflanze; anders der insonderheit der Erhaltung einer gleichmäßigen Beschaffenheit der Atmosphäre, so wie der Holzbildung dienende Baum, anders die dem Menschen Nahrung bereitende Pflanze; verschieden die Form, die eine stickstoffreiche Frucht, verschieden die Form, die eine zuckerreiche Erndte liefern sollte. Ueberall und ebenfalls zu den verschiedensten Zwecken mußten andrerseits thierische Organismen existiren. Aber anders mußte die Raupe gestaltet sein, die die Blätter zernagen und damit einen Theil des von der Pflanze zusammengefügten Stoffes in andre Formen zurückführen sollte; anders das Thier, das im Erdboden den angehäuften organischen Stoff der Pflanzenwelt rasch in für den Kreislauf des Stoffes erforderliche Verbindungen zu zerlegen bestimmt war; anders wieder das Thier, das den dem Meere zugeführten organischen und unorganischen Stoff in neue Formen zusammenfügen, andern Thieren und endlich dem Menschen wieder zur Nahrung dienen, und so schließlich doch wieder dem Bestande des Ganzen nützen sollte. Nur erst durch die Gesammtheit der auf das Verschiedenartigste gestalteten und zu eben so verschiedenartigen Leistungen befähigten Pflanzen- und Thierformen wird der Bestand der gegenwärtigen Schöpfung möglich. — Und auch in den allgemeinen Verhältnissen der Organismen der Vorwelt findet diese Anschauung, insonderheit in Bezug auf die Thierwelt, eine Unterstützung. Erinnern wir uns daran, daß zu Anfang des Daseins organischer Lebensformen die Atmosphäre aller Wahrscheinlichkeit nach noch mit Kohlensäure überladen war, so mußte sich zunächst eine reiche Pflanzenwelt entwickeln, um diese Kohlensäure zu entfernen und damit erst den höhern Thieren ihre Existenz zu ermöglichen; wir finden demgemäß auch in der damaligen Zeit ein vorwiegend reiches vegetabilisches Leben und sehen den von jener üppigen Pflanzenwelt assimilirten, der Atmosphäre entzogenen Kohlenstoff in den mächtigen Steinkohlenlagern begraben. Aber die Atmosphäre durfte auch nicht verarmen an Kohlensäure, wenn

die gegenwärtige Schöpfung und vornämlich die Existenz des Menschen gesichert sein sollte; noch immer war ein reiches vegetabilisches Leben, wenn auch zum großen Theil zu andern Zwecken, als damals erforderlich; und um dieser Forderung zu genügen, mußte ein immer zahl- und artenreicheres Thierreich entstehen, damit überall und auf Tausenden von Wegen Sorge dafür getragen werde, daß der jetzt nicht mehr für den allgemeinen Naturhaushalt entbehrliche Kohlenstoff nicht abermals in großer Menge begraben, vielmehr, stets dem Kreislaufe des Stoffes erhalten, den gegenwärtigen Anforderungen der Schöpfung diene. Ganz dem entsprechend sehen wir denn auch die Zahl und Mannigfaltigkeit der Thierformen von Periode zu Periode zunehmen, während das Pflanzenreich, wenn auch an Mannigfaltigkeit der Arten zugenommen, an Massenreichthum doch sicherlich abgenommen hat. — Es steht hiermit nicht im Widerspruch, daß wir früher die Mannigfaltigkeit der gegenwärtigen Pflanzen- und Thierformen, als zum großen Theile durch die allmählige Veränderung der allgemeinen kosmischen Verhältnisse herbeigeführt, bezeichneten. Eine andere Frage ist die nach den Bedingungen und Ursachen, eine andre die nach dem Zweck jener Mannigfaltigkeit. Hier haben wir nur den letztern im Auge, und, wie immer er erreicht wurde, wir können nicht anstehen in ihm vorzugsweise eine Nothwendigkeit, ein nothwendiges Mittel zur Erreichung höherer Zwecke zu erkennen.

Doch wenden wir uns zu unserm Ausgang zurück. Ungezwungen erscheint uns jetzt nach dem dort Gesagten die Kluft zwischen unorganisirten und organisirten Körpern größer, als die zwischen Pflanze und Thier. Beide letztere verhalten sich in der That zu jenen, wie die Werkglieder einer Maschine zu dem Material, welches dieselbe verarbeiten soll. Gestaltet sich aber dennoch nicht die Aufgabe in beiden Reihen der organisirten Körper sehr verschieden? Hat nicht das Leben der Pflanze dennoch eine ganz verschiedene Bedeutung von dem des Thieres, und müssen uns, diesem Verhältniß entsprechend, Pflanze und Thier nicht a priori schon als sehr differente Lebensformen erscheinen?

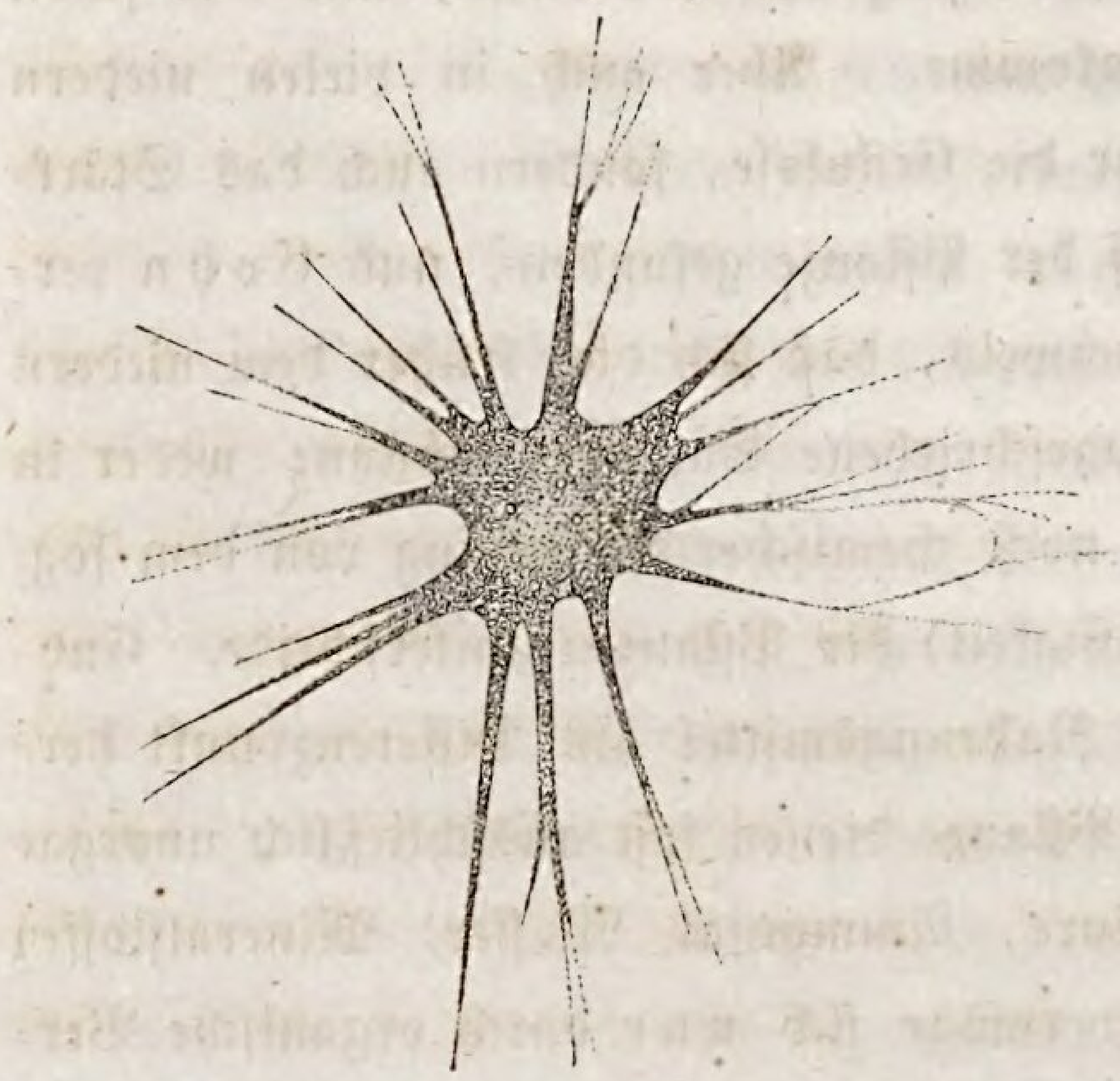
So lange man sich zur Entscheidung dieser Frage nur an die dem unbewaffneten Auge sichtbare Thier- und Pflanzenwelt hielt, stand man nicht an, sie unbedingt zu bejahen. Gar leicht unterscheidet man den

vollen Baum oder die blüthentragende Pflanze von dem Wirbelthier und auch der Mehrzahl der Wirbellosen. Allein je weiter wir in beiden Reichen nach unten hinabsteigen, je mehr wir uns der Betrachtung der niedersten Pflanzen- und Thierformen nähern, um so schwieriger bestimmbar werden die Differenzen, und bewaffnen wir gar unser Auge, so entdecken wir eine große Anzahl von Geschöpfen, von denen wir nur das mit Bestimmtheit wissen, daß sie organisirte Wesen sind, nicht aber ob sie den Namen eines Thieres oder den einer Pflanze verdienen. Und den Zweifel, welchen uns hier eine nur oberflächliche Beobachtung bereitet, hat bis dahin auch die eingehendste Untersuchung noch nicht geschlichtet. Auch sie hat die Gränze zwischen Pflanze und Thier noch nicht ermittelt. Ja es ist in neuerer Zeit mehr als fraglich geworden, ob es erlaubt ist von einem überall streng geschiedenen Pflanzen- und Thierreich zu sprechen. Hören wir nur in Kürze, wie es gegenwärtig um die Frage steht.

Man glaubte früher in der willkürlichen Bewegung oder auch nur der Contractilität des Thieres ein charakteristisches Merkmal für dasselbe zu finden. Lernten wir aber nicht bei der Betrachtung des Lebens der Pflanze Bewegungserscheinungen kennen, die gleich räthselhaft dastehen, wie gewisse Bewegungserscheinungen niederster Thiere? Unterscheiden sich die Bewegungen der sog. Schwärmsporen (s. Bd. I. S. 311) gewisser unzweifelhafter Algen in irgend Etwas von denen mancher Infusorien, wie z. B. mancher Anenteraten (darmlose Infusorien) Ehrenberg's? Die zu den Rhizopoden gezählte Amoeba (Fig. 86 a. f. S.) besteht aus einer ungeformten, schleimigen, zähen, Sarcode genannten Masse, die nur eine Anzahl von Körnchen und kleinen, freien Zellen in ihrem Innern enthält. Sie bietet, bald sich strahlenförmig ausdehnend, bald sich zusammenziehend, die wunderbarsten Formveränderungen dar. Eben so wenig aber, wie bei der Bewegung einer Mimosa pudica wird man geneigt sein, hier an einen Act der Willkür zu denken: in beiden Fällen handelt es sich nur um eine freilich räthselhafte Contractilitätserscheinung. Die oben bezeichneten Infusorien ferner sind einzellige Geschöpfe, die sich mittelst eines fadenförmigen Anhanges wirbelnd in Flüssigkeiten bewegen. Aber in nichts unterscheidet sich diese Bewegung von der der durchaus gleichartig gestalteten Schwärmfadenzellen, die doch unzweifel-

haft pflanzlichen Ursprungs sind, und vergebens suchen wir hier somit nach einem Unterscheidungsmerkmale. — Man glaubte ferner einen Unterschied zwischen Pflanze und Thier darin zu erkennen, daß dieses eine äußere Oeffnung und eine innere Höhlung für die Aufnahme und Assimilation der Nahrungsstoffe besitze, jene dagegen nicht. Besitzt aber nicht die Pflanze mit ihren Spaltöffnungen, Lufthöhlen und Intercellulargängen (s. Vortr. 7) eben in diesen vollkommnere Oeffnungen und Höhlungen für die Aufnahme ihrer luftförmigen Nahrungsstoffe, als wieder jene von einer gleichartigen Schleimmasse gebildeten, unbeschaalten Rhizopoden? Gelangen die in Wasser gelösten Nahrungsstoffe nicht eben so in Folge einer endosmotischen Auffaugung in die Körpersubstanz dieser und vieler Infusorien, wie in die Wurzelzellen der höher entwickelten, oder die überhaupt nur aus einzelnen Zellen bestehenden Pflanzen? — Man unterschied ferner nach der Function. Das Thier, so sagte man, exhalire Kohlensäure, die Pflanze Sauerstoff. Allein die Beobachtungen von Morren, Kützing und neuerdings von Leuckart (bei Euglene), wiesen nach, daß viele Infusorien, namentlich der größere Theil der Ehrenberg'schen Anenteraten, im Sonnenschein,

Fig. 86.



Amoeba porrecta (Schultze), im strahlenförmig ausgedehnten Zustande.*)

*) Copie nach Schultze. Taf. VII. Fig. 18 des schönen Werkes: „Ueber den Organismus der Polythalamieen nebst Bemerkungen über die Rhizopoden im Allgemeinen. Leipzig 1854." — 350mal vergrößert. — „Jeden Augenblick verändert sich Gestalt und Ausdehnung des Körpers, „je nachdem die fließende Substanz hier oder dorthin die fadenförmigen „Aeste treibt, die an Länge den Körper oft um das Zehnfache übersteigen, „sich theilen, verästeln, hie und da wieder zusammenfließen u. s. w." —

gleich den Pflanzen, Sauerstoff exhaliren. Weiter glaubte man darin ein unterscheidendes Merkmal gefunden zu haben, daß allein den Pflanzen jener eigenthümliche, die Pflanzenzellhülle bildende und uns schon als Cellulose bekannte Stoff zukomme. Aber auch in vielen niedern Thieren hat man jetzt nicht nur die Cellulose, sondern auch das Stärkmehl und den grünen Farbstoff der Pflanze gefunden, und Cohn verdanken wir neuerdings den Nachweis, daß sich die, früher dem niedern Thierreich als charakteristisch zugeschriebene Sarcode-Substanz weder in optischer, noch physikalischer, noch chemischer Beziehung von dem sog. Protoplasma (der Bildungsflüssigkeit) der Pflanzen unterscheide. Endlich hat man noch die Art der Nahrungsmittel als Differenzpunkt hervorgehoben. Man sagte, der Pflanze dienen fast ausschließlich unorganische Verbindungen (Kohlensäure, Ammoniak, Wasser, Mineralstoffe) zur Nahrung, das Thier aber vermöge sich nur durch organische Verbindungen, wie sie ihm Pflanzen oder andere Thiere liefern, zu ernähren. Allein, wiewohl wir dieses Umstandes selbst schon einmal als eines Unterscheidungsmerkmales gedacht haben (Bd. I. S. 184), streng genommen ist auch er nicht durchgreifend, da es wenigstens sehr wahrscheinlich ist, daß auch viele Pilze sich von organischen Stoffen nähren. Alle bisherigen Unterscheidungsmerkmale sind darnach nicht länger haltbar, und entweder müssen wir auch alle jene durch pflanzliche Eigenschaften ausgezeichneten, bisher aber für Thiere gehaltenen Geschöpfe in das Pflanzenreich verweisen, oder wir müssen die Annahme einer Gränze zwischen beiden überhaupt aufgeben. *) Die Zukunft allein vermag darüber zu entscheiden. Wahrscheinlich will es uns freilich dennoch und trotz aller angeführten Gegengründe scheinen, daß eine genauere Erkenntniß der gesammten Lebensvorgänge, der Nahrungsverhältnisse und des Stoffwechsels der niedersten Lebensformen, zu einer scharfen Gränzbestimmung hinführen wird, daß es sich dennoch herausstellt, daß alle Pflanzen Sauerstoff, die Thiere aber nur Kohlensäure exhaliren; aber dem Gewinne dieser Erkenntniß stellen sich bei der Kleinheit der niedersten pflanzlichen und thierischen Organismen unendliche

*) In Betreff dieses Gegenstandes verdanke ich meinem verehrten Freunde, Prof. Leuckart in Gießen lehrreiche Mittheilungen, welche demnächst im „Archiv für Naturgeschichte" erscheinen werden. —

Schwierigkeiten entgegen und nicht ohne manche Mühe und erst nach längerer Zeit wird sie zu erreichen sein.

Doch auch schon der jetzige Stand der Thatsachen hat ein wesentliches Gewicht für uns, wenn es sich um den Gewinn einer richtigen Anschauung von der Stellung des Thierreichs gegenüber dem Pflanzenreich handelt. So viel erhellt unter allen Umständen aus ihnen, daß Pflanzen und Thiere nicht überall zwei scharf geschiedene Gruppen von Lebensformen sind, beide vielmehr von einem gemeinsamen Punkte, gleich Aesten von dem Stamm, auslaufen; der Art jedoch, daß, während der eine nur zu einem verhältnißmäßig geringen Grad der Ausbildung gelangt, verhältnißmäßig wenigere Zweige treibt, der andre in unendlicher Mannigfaltigkeit, in Tausenden von Formen, endlich einen Höhepunkt erreicht, zu dessen richtiger Würdigung uns erst das tiefere Verständniß der menschlichen Organisation befähigt.

Leicht, sagten wir oben, unterscheidet man den vollen Baum oder die blüthentragende Pflanze von dem ausgebildeten Thier und selbst vielen Wirbellosen. Doch worin besteht dieser Unterschied? Führen wir uns in Kürze noch, dem Bekannteren das Unbekannte hinzufügend, die wesentlichen Differenzpunkte vor. Es handelt sich zunächst um die materielle Zusammensetzung. Eine eingehende Untersuchung lehrt uns aber hier, daß, wiewohl beide, Pflanze sowohl als Thier, aus denselben Elementarstoffen und Verbindungen derselben, d. h. aus stickstoffhaltigen, stickstofffreien und gewissen unorganischen Verbindungen bestehen, dennoch ein wesentlicher Unterschied darin besteht, daß im Thiere die Menge der stickstoffhaltigen Verbindungen bedeutend vorwiegt, während die Pflanze, dem Thiere gegenüber, vorzugsweise reich ist an stickstofffreien Verbindungen. Schon in dem kleinsten, microscopischen Elementarbestandtheil des organischen Gewebes, der Zelle, tritt diese Differenz hervor; denn die Pflanzenzelle besitzt, wie früher bereits bemerkt (s. Bd. I. S. 236) eine stickstofffreie Hülle, während die Thierzelle, abgesehen von der oben erwähnten zweifelhaften Ausnahme von einer stickstoffhaltigen, ein Kalkalbuminat (d. h. eine Verbindung von Eiweiß und phosphorsaurem Kalk) darstellenden Wand umgeben ist. — Noch hervorragendere Unterschiede bieten sich uns dar, wenn wir der Form unsre Aufmerksamkeit zuwenden. Wir nannten früher die Pflanze einen Zel-

lenorganismus. Auch der Thierkörper ist ein solcher, auch all seine einzelnen Theile bilden sich aus einzelnen Zellen hervor. Aber während die Tausende von Zellen in der Pflanze nur zu wenig differenten Complexen zusammentreten, während wir in allen Organen derselben im Wesentlichen nur zwei Gewebsformen auffinden, das Parenchym und die Gefäßbündel, findet sich im Thier und namentlich in dem höher entwickelten, eine bei Weitem größere Anzahl und eine bei Weitem größere Differenz einzelner Zellencomplexe, die dann, als Organe unterschieden, das Thier zu seinen Leistungen befähigen, zum Theil selbst ganz ohne Analogie in der Pflanze dastehen. So hat das ausgebildete Thier vor Allem ein Nervensystem, welches der Pflanze durchaus fehlt; so hat es einen besondern Verdauungsapparat zur Aufnahme und ersten Verarbeitung der Nahrungsmittel, so wie zur Ausscheidung des Unbrauchbaren; so ferner einen besondern Apparat zur Verbreitung der assimilirten Nahrungsstoffe durch den Organismus, so wie zur Vermittlung des dem Wachsthum und der Erhaltung dienenden Stoffwechsels überhaupt, den sog. Circulationsapparat; so ferner besondere Bewegungsapparate, ein Muskel-, ein Knochensystem u. s. w. — Je höher aber die Organisation, je mehr und je verschiedenere einzelne Organe, um so vollkommner auch die Leistungen, die Verrichtungen der Thiere, die als solche wieder dem Zwecke der Erhaltung des Bestehenden entsprechen, nothwendig waren zur Realisation des Schöpfungsplanes, aber auch eine dritte wesentliche Differenz zwischen Pflanze und Thier bedingen. Die Pflanze sollte organische, stickstoffhaltige und stickstofffreie, Verbindungen aus unorganischen Stoffen, aus Kohlensäure, Ammoniak, Wasser und gewissen Mineralbestandtheilen des Erdbodens herstellen; diese findet sie in gewisser Menge überall; sie bedurfte daher keiner willkürlichen Bewegung, um ihre Nahrung zu suchen. Das Thier dagegen vermag jene unorganischen Verbindungen nicht zu organischen aneinanderzufügen. Es sollte zur Erhaltung des Ganzen, zur Realisation des Kreislaufs des Stoffes, die schon von der Pflanze vorbereitete Nahrung, die organischen Verbindungen aufnehmen, sein Blut, sein Fleisch, sein Fett u. s. w. aus ihnen bilden, sie gleichzeitig aber auch wieder in ihre Elementarbestandtheile zerlegen und den Vorrathskammern der Natur zurückführen. Diese Verbindungen finden sich aber

nicht überall; das Thier muß sie suchen; und um diese Aufgabe erfüllen zu können, bedurfte es eines willkürlichen Bewegungsapparates, eines Nerven- und Muskelsystems, Apparate, die bei nur einiger Ausbildung das Thier so wesentlich von der Pflanze unterscheiden. Und derselbe Apparat, welcher den Willen des Thieres auf die Muskeln überträgt, verleiht ihm zugleich eine zweite charakteristische Eigenschaft. Das Nervensystem ist es, durch welches es empfindet, durch welches es zur bewußten oder unbewußten Wahrnehmung äußerer Verhältnisse, zur bewußten oder unbewußten Empfindung innerer Zustände befähigt wird, durch welches schließlich zugleich jene geistigen Thätigkeiten vermittelt werden, welche das Thier zu diesen oder jenen Handlungen veranlassen, den Menschen aber, im höchsten Grade der Ausbildung, zum einsichtsvollen Verständniß der Natur und zur Erkenntniß Gottes emporheben.

Damit haben wir unserer obigen Anforderung entsprochen. So kurz, als es hier nur geschehen konnte, haben wir das Verhältniß des Thierreichs zum Pflanzenreich, das Verhältniß beider zum Reiche der unorganisirten Körper, so wie das Verhältniß des Menschen zur übrigen Schöpfung in Betracht gezogen, haben die Frage nach der Gränze zwischen Pflanze und Thier erwogen, und die wesentlichsten Unterschiede zwischen beiden bezeichnet. Was dieser Darstellung an individuellen Ansichten hinzugefügt wurde, mag wieder, wie in einem frühern Vortrage, nur dazu dienen, den Leser zum eignen und weitern Nachdenken anzuregen. — Gehen wir nunmehr zu der nähern Betrachtung des Thierreichs selbst über. —

Auch hier wieder nehmen wir von unserm früher gegebenen Bilde einer Landschaft unsern Ausgang. Nur wenige höher und höchstentwickelte Thierformen führte es dem fernstehenden Auge vor. Aber in welch' unendlicher Anzahl und Mannigfaltigkeit treten uns dieselben entgegen, wenn wir näher gehend und sorgfältig suchend den Blick nach allen Seiten wenden! Die Bäume bewohnt eine Schaar von Vögeln; Frösche, Eidechsen und andere Repräsentanten einer dritten großen Thierklasse beleben unmittelbar die Oberfläche des Bodens; ein Zug von Fischen treibt sich in dem fließenden Bache umher; die Luft durchschwebt ein Heer von Insekten, während im dunkeln Schooß des Erdreichs zahllose Würmer ihre Nahrung suchen; Krebse sind die Gesell-

schafter der Fische und neben dem Vogel hängen ihr Haus mit sich führende Schnecken an Blatt und Zweig; Muscheln decken vielleicht den Boden unseres Baches; und bewaffnen wir endlich noch unser Auge, so findet es in jedem Tropfen Wassers, in dem Schlamme oder der feuchten Erde Millionen von kleinsten Thierformen, verschieden wieder unter sich, wie verschieden von allen übrigen. Was, in der That, fesselt unsre Aufmerksamkeit zunächst bei der Betrachtung des Thierreichs mehr, als die endlose Mannigfaltigkeit der Formen! Doch was in buntem Gemisch die Natur dem Blicke entgegenführt, hat die vergleichend-anatomische Untersuchung der Tausende von Thierformen längst schon in eine Anzahl eng zusammengehöriger, größerer und kleinerer Gruppen geordnet, eine Ordnung, deren wir uns, so bekannt sie auch ist, doch flüchtig erinnern wollen, bevor wir die Lebenserscheinungen der einzelnen Formen selbst in Betracht ziehen. Verschiedene Naturforscher differiren zwar hinsichtlich der Stellung, welche sie dieser oder jener Gruppe geben zu müssen glauben;*) bald zählt man z. B. die Würmer zu den Gliederthieren, bald läßt man sie eine Classe für sich bilden, bald stellt man die Weichthiere den Gliederthieren voran, bald läßt man sie ihnen folgen. Doch es kann uns das für unsre Zwecke gleichgültig sein; in der Aufstellung der Hauptgruppen herrscht allgemeine Uebereinstimmung; und diejenige Eintheilung, welcher wir als einer ältern folgen, welcher wir früher (Bd. I. S. 136) bereits gedachten, und welche sich sehr nahe an die Classifikation von Cuvier anschließt, wird noch von vielen vergleichenden Anatomen festgehalten. Je nachdem die Thiere versehen sind mit einer Wirbelsäule oder nicht, sondert man sie in die beiden großen Abtheilungen der Wirbelthiere und der Wirbellosen. Jene trennt man dann in die bekannten vier Classen der Säugethiere, Vögel, Amphibien und Fische; diese in die vier Classen der Gliederthiere, Weichthiere, Strahlthiere und Infusorien. Die Gliederthiere sondert man wieder in die Insekten, Spinnen, Krustenthiere und Würmer; die Weichthiere in die Kopffüßler, Schnecken und kopflosen Weichthiere; und

---

*) Vgl. hierüber u. A. Dr. Oscar Schmidt Handbuch der vergleichenden Anatomie. 3. Aufl. 1855.

die Strahlthiere endlich wieder in die Stachelhäuter, Quallen und Polypen.

Damit ist denn auch unser noch vorliegendes Untersuchungsgebiet bezeichnet und geordnet. — Zweifach sonderten wir nun bei Betrachtung des Pflanzenreichs die Erscheinungen; auf der einen Seite unterzogen wir den Bau, auf der andern die Lebenserscheinungen einer nähern Untersuchung. Denselben Gang wollen wir auch hier inne halten. Heben wir jedoch zuvörderst und ehe wir die Hauptaufgabe selbst in Angriff nehmen, eine Frage heraus, die wir dort in das allgemeine Bild hineinfügen konnten, hier aber, wegen ihres Umfangs und vielfältigen Eingriffs in die folgenden Untersuchungen, voranschickend einer besondern Betrachtung unterziehen müssen. Es ist dies die interessante Frage nach der Fortpflanzung und Entwicklung der verschiedenen Thierformen, und ihr also gelte zunächst unsre Aufmerksamkeit.

Wie im Pflanzenreich, so ist auch im Thierreich ein stetes Vergehen und Erstehen eine täglich sich darbietende Erscheinung, und in der That, diese Vergänglichkeit der Organismen war für den Bestand des Naturganzen eine unvermeidliche Nothwendigkeit. „Wäre die uns umgebende lebende Schöpfung aus unveränderlichen Theilen zusammengesetzt," sagt Bergmann*) sehr richtig, „so würde sie scheitern müssen. Pflanzen, welche sich gar nicht änderten, hätten von vorn herein keinen Sinn. Von den Thieren würden nach kurzer Zeit nur noch die stärkern Fleischfresser übrig sein und dann sich gegenseitig aufreiben müssen. Aber auch abgesehen von der Unmöglichkeit des Naturhaushaltes, bei jener Forderung zu bestehen, ist es leicht ersichtlich, daß solche Individuen, welche den Keim des Todes nicht in sich trügen, dennoch allmählig durch äußere Einflüsse abgenützt werden würden. Alle Unfälle, die auf das einzelne Thier oder den Menschen im Laufe des Lebens verletzend, verstümmelnd einwirken, würden sich mit um so größerer Sicherheit allmählig an jedem Individuum anhäufen, je länger dasselbe lebte." Stete Neuschaffung von Organismen, steter Ersatz untergehender Generationen war deshalb erforderlich. Wie aber hat die

*) S. Bergmann's und Leuckart's vergleichende Anatomie und Physiologie. 1852. S. 542.

Natur dieser Nothwendigkeit genügt? Wie entstehen heutigen Tages die verschiedenen Thierformen?

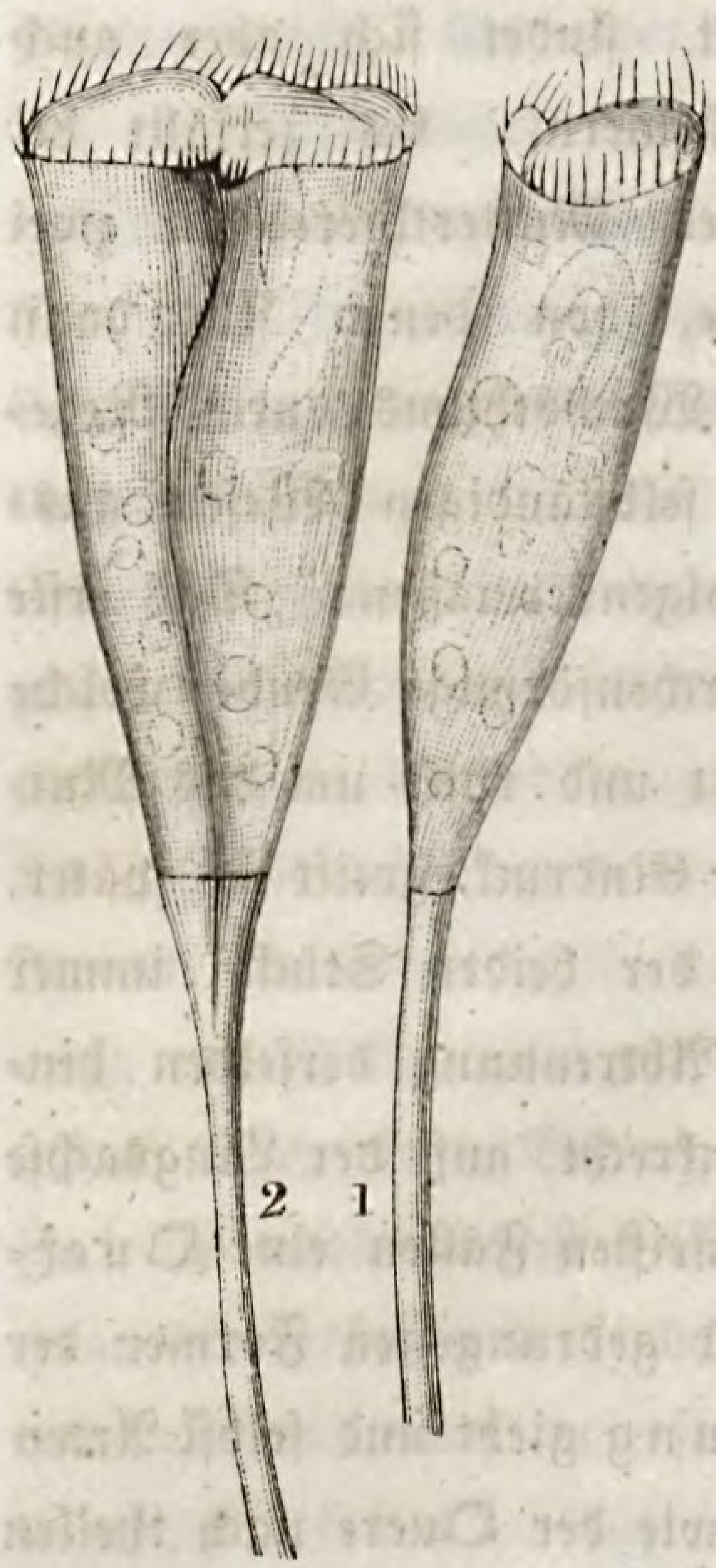
Im Allgemeinen stoßen wir hier auf ähnliche Verhältnisse, wie im Pflanzenreich. Entweder findet die Fortpflanzung dadurch Statt, daß sich ein Organismus in Hälften theilt, die sich dann wieder zu vollkommnen Organismen ausbilden, — und, wie dort, findet sich auch hier diese Fortpflanzungsart nur bei wenigen, niedersten, einfachsten Lebensformen —; oder es erlangt ein einfachster, elementarer Formbestandtheil eines Thieres, eine einzelne Zelle, vermöge uns noch gänzlich verborgener Verhältnisse, eine gewisse Selbständigkeit, einen vorzugsweise vollendeten Grad der Entwicklung, um sich später, und zwar nach weiterer Entwicklung, vom mütterlichen Organismus zu trennen. Es beginnt im letztern Falle die weitere Entwicklung damit, daß im Innern der ursprünglichen Zelle eine rasche Neubildung und Vermehrung von Zellen erfolgt. Angeregt wird diese Vermehrung aber entweder durch einen Befruchtungsact, oder auch ohne einen solchen zur Zeit der vollkommensten Reife des Thieres. Darnach unterscheidet man dann die geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung, und während man im ersten Falle die ursprüngliche Zelle mit dem Namen des „Eies" belegt, nennt man sie im letztern die Keimzelle oder Knospenzelle. Der durch die bezeichnete Zellenvermehrung entstandene Keim bleibt nun aber, als solcher, entweder dem Mutterthiere eine Zeit lang verbunden und entwickelt sich in oder auf ihm als Brut, Knospe oder Frucht, um sich erst nach erlangter Lebensreife von ihm abzulösen, oder er wird frühzeitig als Ei der Außenwelt übergeben, um dort unter geeigneten Verhältnissen seine weitere Entwicklung zu finden. Die Art der Lebensweise und der Bau der verschiedenen Thiere, so wie die materiellen Bedürfnisse des sich entwickelnden Keimes scheinen für die jedesmalige Wahl dieser Verhältnisse maaßgebend gewesen zu sein. Wo jene unverträglich waren mit der Entwicklung der Nachkommen im Innern des Mutterthieres oder wo dieser des Aufenthaltes in dem mütterlichen Organismus und der weitern Ernährung von ihm aus nicht bedurfte, da wurde eben zur Abgabe des unentwickelten Keimes, des Eies, an die Außenwelt gegriffen und seine weitere Entwicklung in dieser vorgesehen. Doch wir kommen darauf späterhin noch wieder

zurück. Verfolgen wir für jetzt erst die einzelnen Arten der Fortpflanzung etwas genauer.

Wir erwähnten zunächst der Theilung. Sie wird insonderheit bei den Infusionsthieren beobachtet, findet sich aber auch hie und da bei den Polypen oder Würmern. Es zerfällt bei dieser Art der Fortpflanzung der Leib des Mutterthieres in zwei oder mehre annäherungsweise gleiche Theile, von denen sich dann ein jeder auf dem Wege des gewöhnlichen Wachsthums durch Regeneration der fehlenden Organe zu einem selbständigen Wesen ausbildet. Leuckart beschreibt den Vorgang folgendermaßen: „Das erste Zeichen der beginnenden Theilung ist eine furchenförmige Grube, welche die beiden Theilungsstücke von einander absetzt und rund um das Mutterthier herumläuft. Anfangs nur ein seichter Eindruck, greift sie später, während der Ausbildung und Regeneration der beiden Stücke, immer tiefer, bis sie schließlich zur vollständigen Abtrennung derselben hinführt. In der Regel steht diese Furche senkrecht auf der Längsachse des Körpers; die Theilung ist also in den meisten Fällen eine Quertheilung, obgleich es unter den kurzen und gedrungenen Formen der Infusorien auch Beispiele einer Längstheilung giebt und selbst Arten vorkommen, die sich eben so gut der Länge, wie der Quere nach theilen können. Bei der Quertheilung fährt das vordere Theilstück (mit der Mundöffnung) während des ganzen Actes fort zu fressen und sorgt dadurch für einen beständigen Zufluß von Bildungsmaterial, während die Längstheilung, wie es scheint, gewöhnlich von einem Zustande der Ruhe begleitet wird, aus dem die Producte derselben erst später zu einem neuen Leben erwachsen." — Wir geben von dieser Vermehrungsweise der Thierformen beistehend eine bildliche Darstellung. In Fig. 90 (a. f. S.) sehen wir eine Vorticelle (Epistylis) sich durch Längstheilung vermehren; in Fig. 91 ein Halsthierchen (Trachelius anaticula) den Proceß der Quertheilung; in Fig. 92 ein andres (Chilodon cucullulus) den der Längstheilung durchlaufen. Wie rasch sich Thiere durch solche Theilungen vermehren, wurde schon früher einmal erwähnt (s. Vortr. 5. S. 179). Keine Fortpflanzungsart liefert eine so reichhaltige Nachkommenschaft, als eben die Theilung. Binnen 24 Stunden entstehen aus einer Bacillarie 8 Millionen, binnen 4 Tagen 140 Bil-

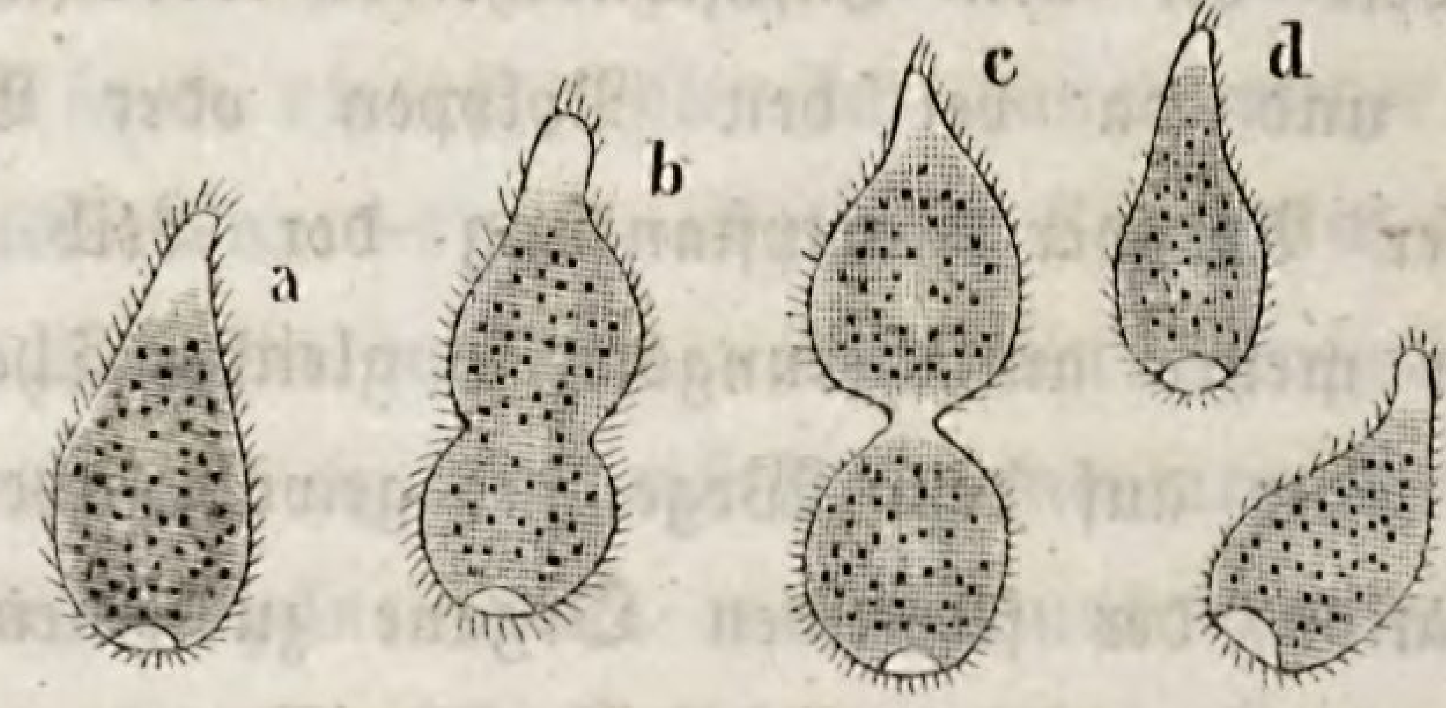
lionen! Daß Infusorien Berge und Länder schaffen können, wird uns erst nach Kenntniß dieser Verhältnisse begreiflich.

Fig. 90.



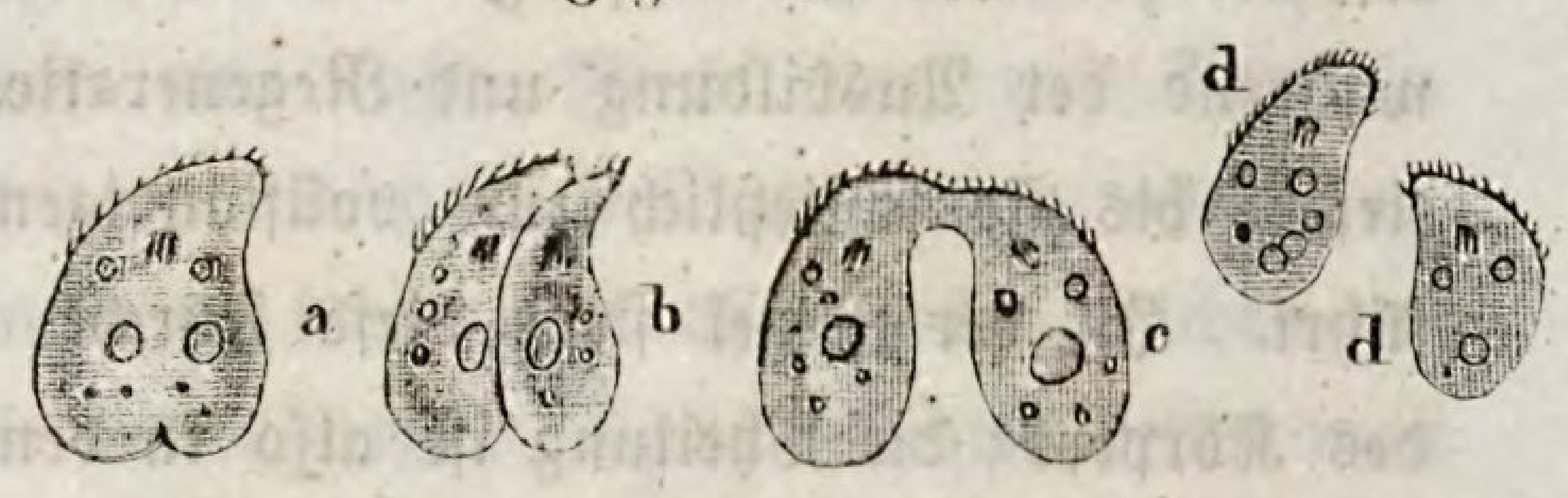
Vorticelle (Epistylis plicatilis).
2. In der Theilung begriffen.*)

Fig. 91.



Trachelius anaticula auf verschiedenen Stadien der Quertheilung.**)

Fig. 92.



Chilodon cucullulus auf verschiedenen Stadien der Längstheilung.***)

Die zweite Art der Fortpflanzung ist die durch Knospung des mütterlichen Organismus. Sie ist nach Leuckart †) von allen ungeschlechtlichen Vermehrungsarten am weitesten verbreitet und findet sich namentlich bei den Polyen, Scheibenquallen, Infusorien und andern niedern Thieren. Der Vorgang ist dabei im Wesentlichen der, daß sich in der

---

*) Copie nach Ehrenberg: „Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen." Taf. XXVIII. Fig. I. (300 mal vergrößert.)

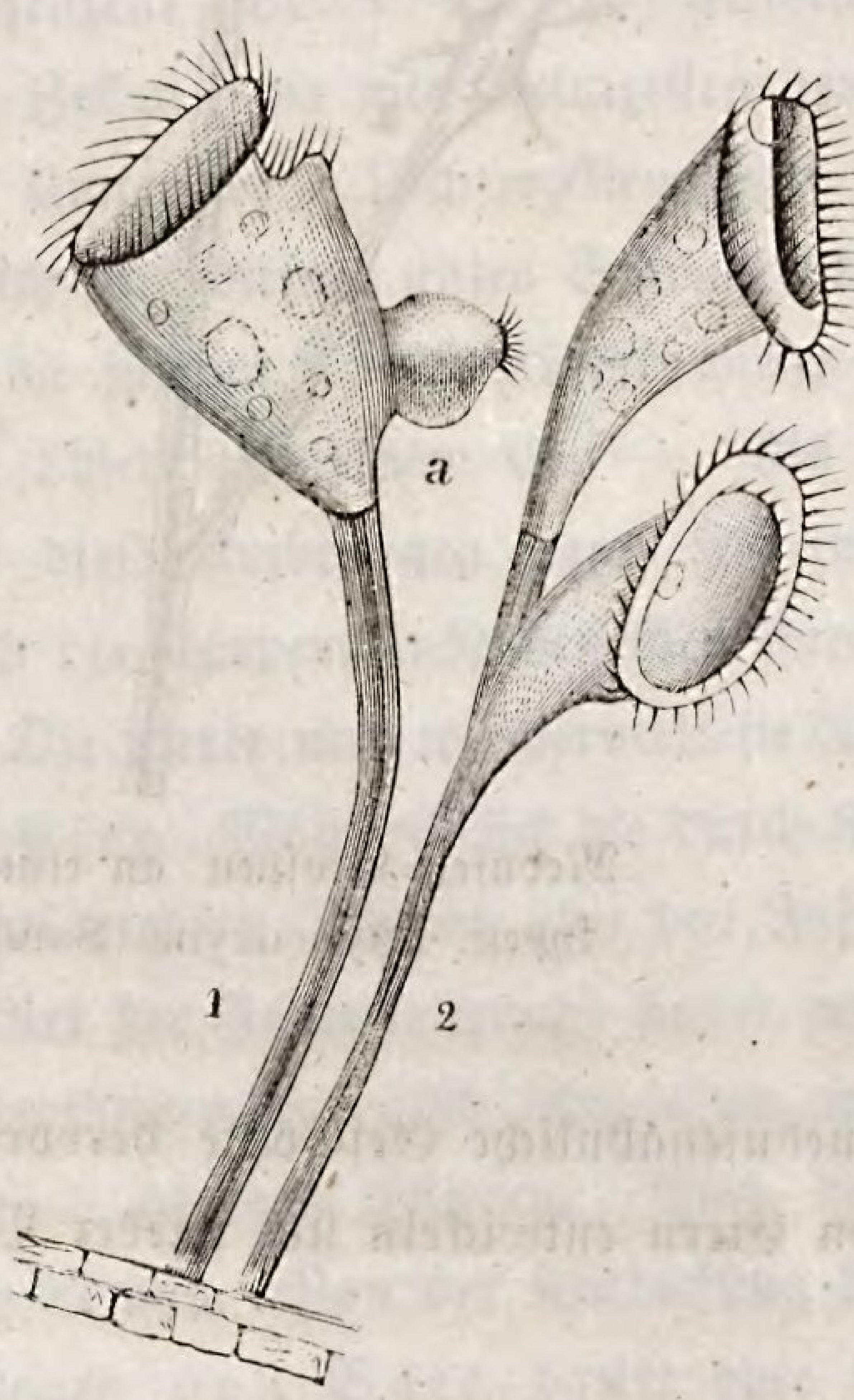
**) Desgl. Taf. XXXIII. Fig. X. (300 mal vergr.)

***) Desgl. Taf. XXXVI. Fig. VII. (300 mal vergr.)

†) S. dessen ausgezeichneten Artikel: „Zeugung" in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie.

Substanz des mütterlichen Körpers, und zwar seitlich oder von der Achse des Thieres aus — man unterscheidet darnach laterale oder axillare Knospen — Keime entwickeln, die in ihrer ersten Anlage wahrscheinlich nur aus einer einfachen Zelle bestehen. Diese Keime wachsen dann allmählig nach außen hervor, bilden sich zum selbständigen Organismus aus und fallen nun entweder vom mütterlichen Organismus ab, oder bleiben lebenslänglich mit ihm in Verbindung, um zur Bildung eines sog. Thierstockes, „eines lebenden Stammbaumes" beizutragen. Solche Thierstöcke, die eine unverkennbare Aehnlichkeit mit Gewächsen darbieten, finden sich bekanntlich namentlich unter den Polypen, und die Analogie mit den Pflanzen ist nur um so schlagender, als auch hier die einzelnen neugebildeten Theile (Individuen) mit den ältern in einem mehr oder weniger offenen Zusammenhange stehen, so daß beide eine gemeinschaftliche Ernährung besitzen. „Was der Einzelne erwirbt," sagt Leuckart, „wird Eigenthum der Gesellschaft und kommt einem jeden Mitgliede zu Gute." — Um ein Beispiel auch dieser Fortpflanzungsart zu geben, führen wir in Fig. 87 eine Abbildung einer knospenden, sich übrigens auch durch Längstheilung vermehrenden Vorticelle (Carchesium polypinum, Glockenbäumchen), und in Fig. 88. u. 89. (a. f. S.) Bilder mit Medusenknospen besetzter Polypen vor. Es entstehen nämlich

Fig. 87.



Carchesium polypinum. a. Knospen. *)

*) Copie nach Ehrenberg a. a. O. Taf. XXVI. Fig. V. 2. Zwei durch Längstheilung aus einem hervorgegangene Individuen. 1. bildet bei a eine Knospe. — 300 mal vergrößert.

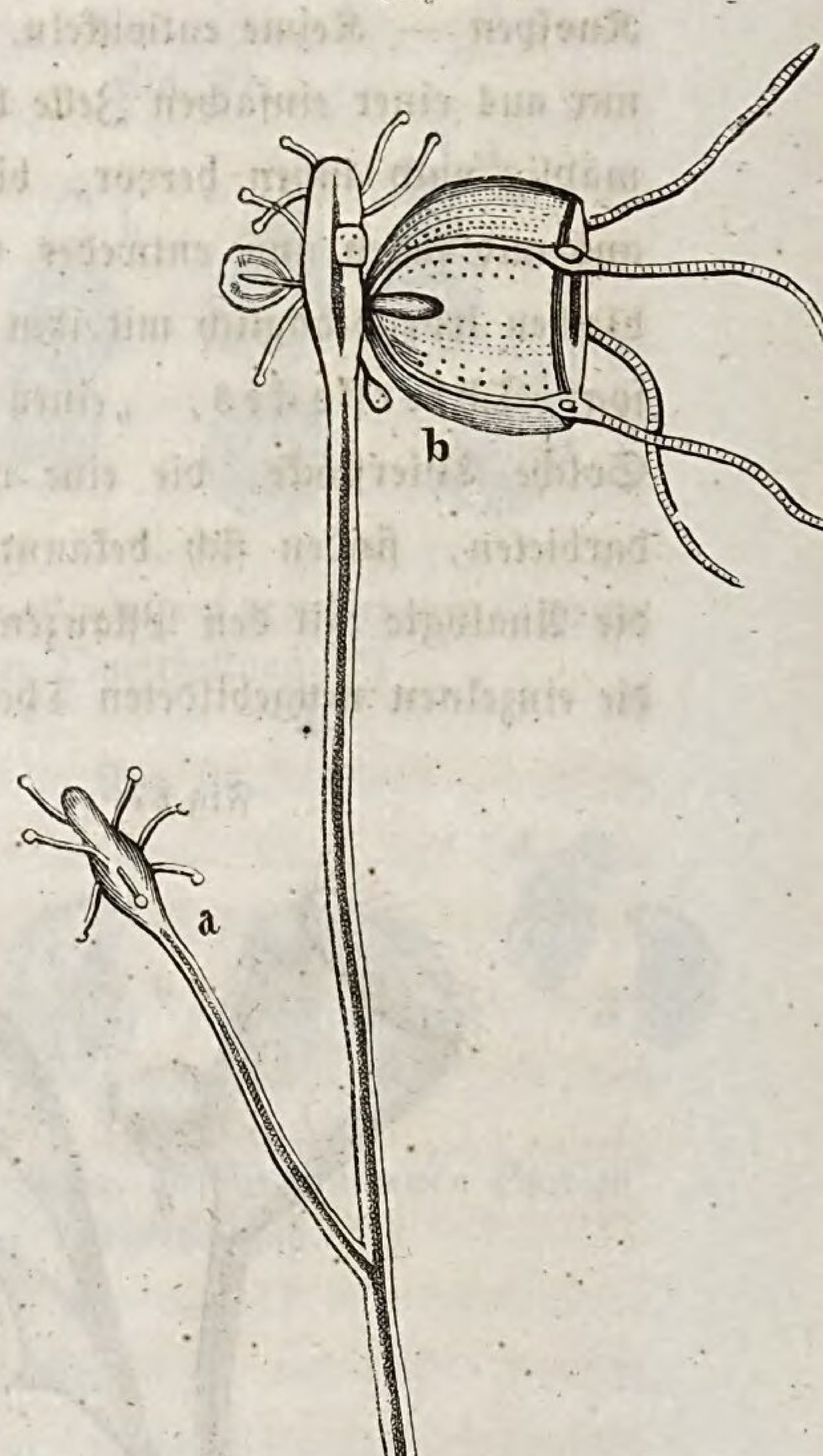
an einigen Polypen (Tubularien und Campanularien) merkwürdiger=

Fig. 89.

Fig 88.



Medusen=Knospen auf verschiedenen Entwick=lungsstufen an einem Polypenstamme (Perigonimus muscoides).*)



Medusen=Knospen an einem Polypen. (Syncoryna Sarsii.)**)

weise Knospen, aus denen sich medusenähnliche Geschöpfe hervorbilden, in diesen entstehen Eier, aus den Eiern entwickeln sich wieder Polypen

*) Copie aus Carpenter's principles of physiology. 1851. S. 923. — a ein Polyp mit ausgebreiteten Tentakeln; b c d e f andere Polypen in der Entwicklung. g g g verschiedene Medusenknospen mit vier Punkten. h h h weniger entwickelte Medusenknospen. A mehr entwickelte Medusen=Knospe. a Magen. b b strahlenförmige Kanäle. 200mal vergr.

**) Ebendaher. S. 269. a der einfache Polyp mit seinen Tentakeln. b Polyp mit Medusen=Knospen auf verschiedenen Stadien der Entwicklung und Tentakeln.

und an den Polypen entstehen von Neuem Medusenknospen, — ein Beispiel des im niedern Thierreich so vielfach vorkommenden und oft durch mehr als vier Generationen hindurchgehenden sog. Generationswechsels, auf welchen wir unten wieder zurückkommen werden. —

Die dritte Art der ungeschlechtlichen Fortpflanzung ist die durch Keimkörner oder Keimzellen. Sie schließt sich nahe an die durch Eier an und ist nur dadurch von dieser verschieden, daß sich die Keimzellen hier ohne weitere Befruchtung zu einem neuen Individuum entwickeln. Sie findet sich nach den bisherigen Erfahrungen fast ausschließlich bei den Infusorien und Saugwürmern (Trematoden), und unter den Insekten vorzugsweise bei den Blattläusen (Aphis). Der Vorgang dabei ist einfach der, daß sich frei in der Körpermasse oder der Leibeshöhle der Mutterthiere einfache Zellen, ganz in der bei der freien Entstehung der Pflanzenzelle (Bd. I. S. 235) geschilderten Weise, entwickeln; daß in diesen Zellen, die nun Keimzellen genannt werden, unter Ausdehnung ihres Umfanges, Tochterzellen (sog. Embryonalzellen) entstehen, und daß sich aus diesen, unter Schwund der anfänglichen Hülle der Mutterzelle, die jungen Thiere (Embryonen) in ähnlicher Weise entwickeln, wie andre Thiere aus einem Ei. — Bis zu ihrer vollständigen Ausbildung liegen diese Embryonen dann frei im Innern des Mutterthieres, um endlich die Körperwände desselben durchbrechend, auszuschlüpfen.

Die vierte und weitverbreiteste Art der Fortpflanzung endlich ist die durch Eier. Während sich die durch Keimzellen, Theilung und Knospung nur bei niedern Thieren (bei den Infusorien wahrscheinlich als die einzige Art der Fortpflanzung) findet, während sie bei den Mollusken und Gliederthieren nur noch sehr selten vorkommt, findet sich die durch Eier bei allen übrigen Thieren. Auch das Säugethier entwickelt sich von einem Ei aus. Von der Entdeckung desselben durch den berühmten Embryologen von Baer datirt eine neue Periode der Entwicklungsgeschichte der Thierformen. Es sind diese Eier durch die ganze Thierreihe hindurch im Wesentlichen gleichartig gebaut; nur in Größe und chemischer Zusammensetzung zeigen sie nicht unbeträchtliche Differenzen. —

Was den Bau betrifft, so verdanken wir unsre heutige Kenntniß desselben vornämlich den Bemühungen Rud. Wagner's. Er verfolgte den Bau der Eier durch die ganze Thierreihe hindurch und legte

die Resultate seiner Forschungen in seinem „Prodromus historiae generationis 1836“ nieder. Im Allgemeinen bietet jedes Ei dieselben Formbestandtheile dar, wie eine einfache Zelle. Eine äußere Hülle, die sog. Dotterhaut, umschließt zunächst eine mehr oder weniger zähe Flüssigkeit, den Dotter, und in diesem befindet sich, in den reifern Eiern excentrisch gelagert, ein bläschenförmiger Kern (das sog. Purkinje'sche Keimbläschen), der wieder ein oder mehre Kernchen (den sog. Wagner'schen Keimfleck) einschließt. Was wir das Eiweiß des Hühnereies nennen, ist nur eine Umkleidung des eigentlichen Eies, und eine ähnliche Umkleidung erfahren viele Eier bei ihrem Durchgang durch die sog. Leitungsapparate, die das Ei nach außen oder in die Fruchthöhlen des lebendige Junge gebärenden Thieres befördern. Die wesentlichen Bestandtheile des Eies sind nur die eben und schon früher bei Betrachtung der Pflanzenzelle als dieselbe constituirend erwähnten Bestandtheile. —

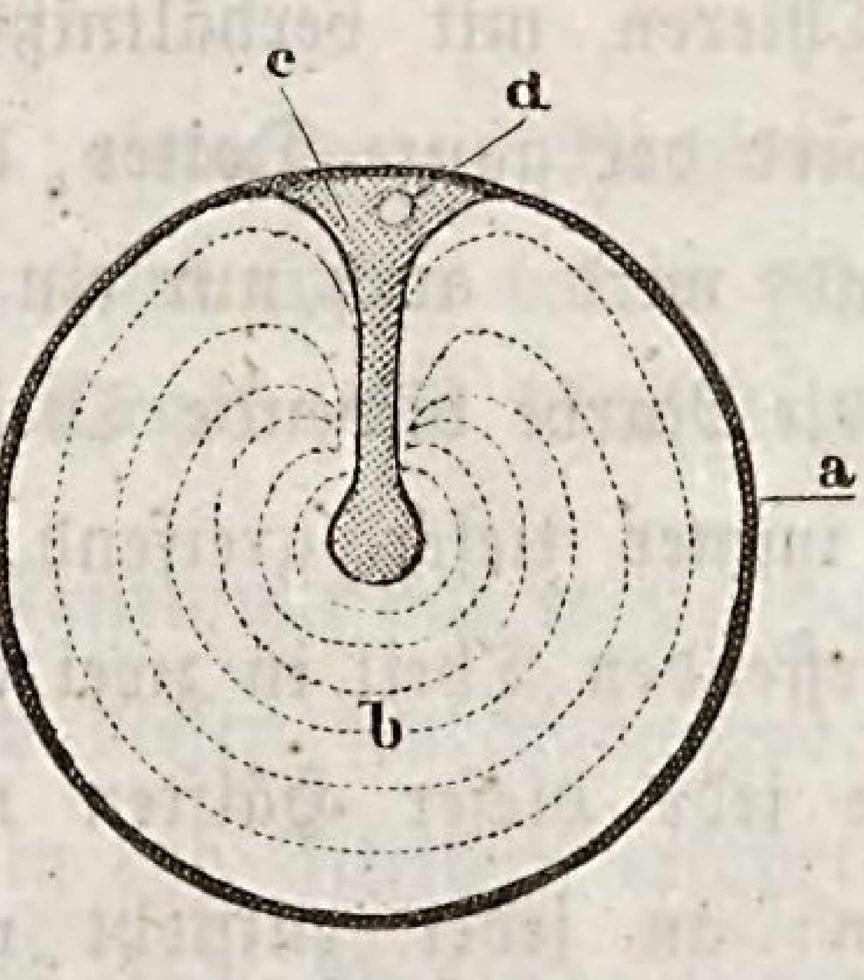
Die Größe der Eier variirt von $^{1}/_{200}$ ''' bis zu 3—5 Zollen im Durchmesser. Verläßt das Ei den mütterlichen Organismus vor seiner Entwicklung, wie z. B. bei den Vögeln, so ist es größer, als bei jenen Thieren, die lebendige Junge gebären, ein Verhältniß, welches leicht daraus verständlich wird, daß dort das für die Bildung des Embryo erforderliche Material in dem Eie selbst gegeben sein mußte, hier dagegen das Material auch später noch von der Mutter bezogen werden kann. Im erstern Falle wechselt die Größe des Eies selbst dann wieder nach der Größe des Thieres, wie es Jedem aus dem Verhältniß eines Straußeneies zu dem Ei eines Colibri bekannt ist.

Doch nicht nur bei der Erforschung der Beschaffenheit der Eier ist die Untersuchung stehen geblieben. Mit Hülfe des Mikroscopes ist in den letzten Jahrzehnden auch die Entwicklung des Thieres aus demselben fast durch die ganze Thierreihe hindurch von verschiedenen Forschern, unter denen insonderheit von Baer, Wagner, Bischoff, J. Müller, Kölliker, Leuckart u. A. ausgezeichnet sind, verfolgt, und kaum wohl giebt es einen Gegenstand der Physiologie, welcher unsre Aufmerksamkeit und Bewunderung in gleichem Maaße zu fesseln vermöchte, als eben diese Entwicklungsgeschichte des thierischen Organismus. Schritt vor Schritt ist man dem Entwicklungsproceß gefolgt; Beobachtungen, welche zuerst von Baer an dem Hühnerei anstellte, wurden

alsbald an den Eiern verschiedenartigster andrer Thiere fortgesetzt, bis sie Bischoff endlich mit einer bewundernswerthen Ausdauer und Sorgfalt auch auf die der Säugethiere (des Kaninchens und Hundes) ausdehnte. — Suchen denn auch wir uns ein wenn auch nur oberflächliches Bild von diesen überaus interessanten Vorgängen zu verschaffen und wählen wir unter den manchen genau verfolgten Entwicklungsgeschichten verschiedener Thiere die des Hühnchens zum Gegenstande der nähern Untersuchung.

Der Bau des am Eierstock des Huhns befindlichen Eies, das, daselbst in einer Kapsel eingeschlossen, in Folge des Platzens derselben austritt und, wie oben bemerkt, erst bei seinem Durchtritt durch die Eileiter und die sog. Cloake mit Eiweiß und Schaale, als accessorischen Bestandtheilen, umgeben wird, ist folgender: „Eine structurlose Haut (Fig. 93 a) von nicht unbeträchtlicher Dicke, die sog. Dotterhaut, umgiebt den gelblichen Dotter b, der seiner Hauptmasse nach aus zarten, ziemlich großen Bläschen besteht. Im Innern dieses Dotters befindet sich eine Höhlung, von welcher aus ein Canal gegen die Oberfläche des Dotters hinläuft; beide, Höhlung und Canal sind mit einer heller gefärbten, milchigen, körnigen Masse erfüllt. Diese heller gefärbte Masse verursacht das Erscheinen eines hellen Fleckes an der Oberfläche des Dotters, eines Fleckes, den man die Keimscheibe oder Narbe nennt; und in dieser Keimscheibe dicht unter der Dotterhaut liegt das sog. Keimbläschen d. (Fig. 93.) Die im Verhältniß zur gelben größere Leichtigkeit der weißen Dottersubstanz ist die Ursache, daß die auch noch an dem gelegten Eie sichtbare Keimscheibe, wie immer man auch das Ei legen mag, oben liegt. Der Dotter des gelegten Eies hängt gleichsam nur an den sog. Hagelschnüren (spiralig gewundenen Eiweißhäuten, s. Fig. 95 f.) in dem Eiweiß, und vermag sich um seine Längsachse zu drehen; der leichtere Theil desselben

Fig. 93.



Durchschnitt des Eierstockeies der Henne, ohne seine Kapsel. a Dotterhaut. b gelber, sog. Nahrungsdotter. c weißgelblicher, sog. Bildungsdotter. d Keimbläschen.

wird sich also immer nach oben kehren; auch ist der Dotter selbst leichter als das Eiweiß und liegt deshalb im gelegten Eie immer nahe unter dem nach oben sehenden Theile der Schaale.

Sobald das Ei nun befruchtet ist, beginnt, und dies ist bei der großen Mehrzahl der Thiere der Fall, ein höchst merkwürdiger Proceß, die sog. Dotterklüftung. *) Es geht derselben überall, und wahrscheinlich unabhängig von der Befruchtung (Leuckart), ein Schwund, eine Auflösung des Keimbläschens vorauf, und es scheint, daß diese Auflösung den Dotter in eine, von der vorhergehenden verschiedene, gleichförmige und nun erst zu den weitern Umwandlungen befähigte Masse (s. Fig. 94 1.) verwandelt; die Klüftung selbst aber erfolgt dann in folgender Weise:

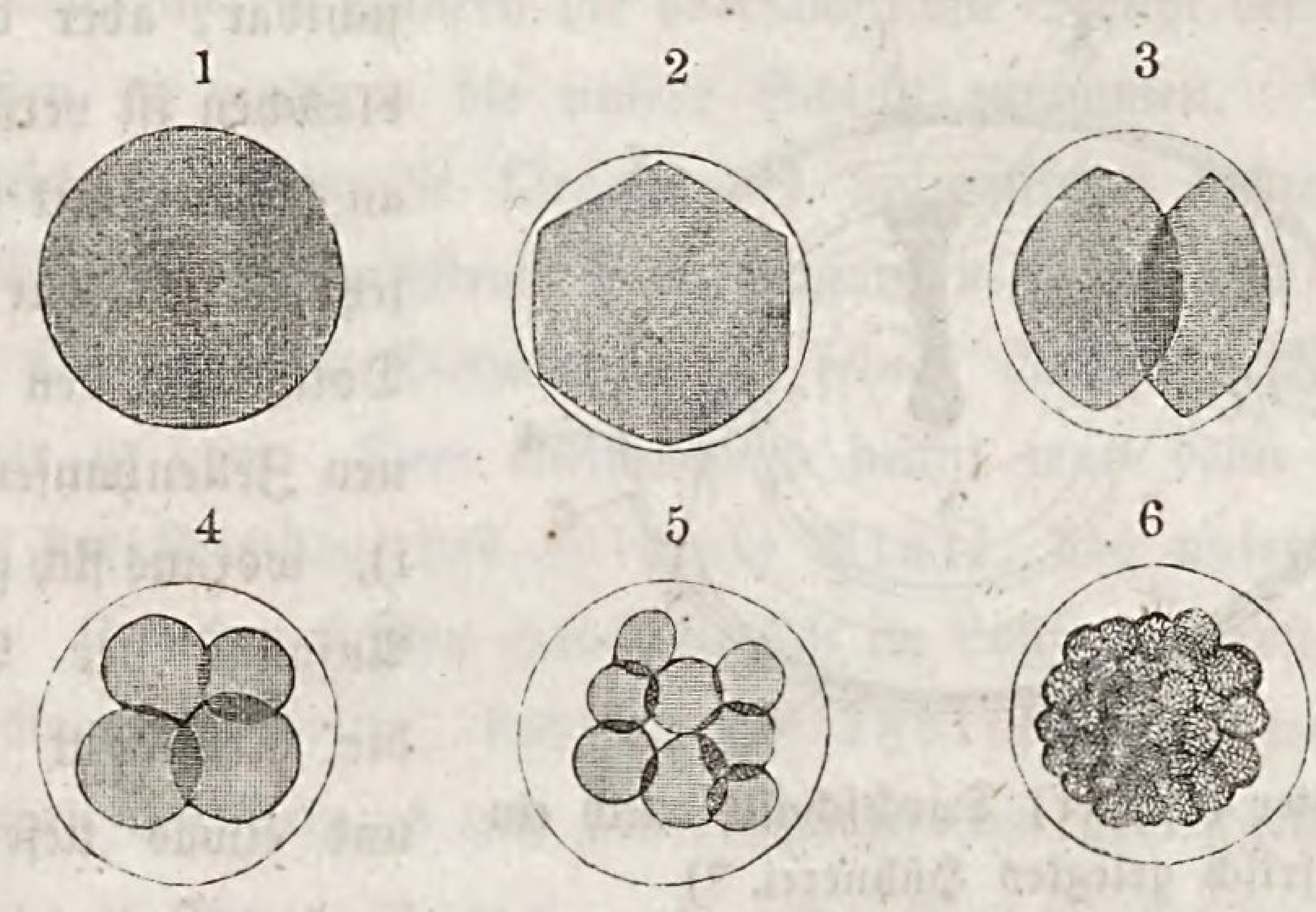
Da, wo sich von vornherein die ganze Masse des Dotters an der Bildung des Embryo betheiligt (also bei Thieren mit verhältnißmäßig kleinen Eiern, namentlich Säugethieren) wird der ganze Dotter, da wo nur zunächst ein Theil des Dotters verwandt wird, auch nur ein Theil desselben, und bei den Vögeln zwar der die Narbe bildende Theil von einer ringförmigen Furche umzogen, die immer tiefer greifend, dort endlich den ganzen Dotter, hier den betreffenden Theil in zwei gleiche Hälften theilt (s. Fig. 94. 3). **) Eine jede dieser Hälften nimmt wieder eine ovale oder sphärische Form an; an jeder entsteht wieder eine Furche, und alsbald hat man vier „Furchungskugeln" vor sich. Diese vier Kugeln erleiden denselben Vorgang abermals und so fort, bis sich endlich der ganze Dotter oder die ganze betreffende Parthie desselben zu einem Haufen microscopisch kleiner Elemente, die sich Anfangs nicht, nach und nach aber immer deutlicher als Zellen zu erkennen

*) Nicht gefunden wird die Dotterklüftung bei manchen Eingeweidewürmern, Spinnen und Insekten. Der Dotter spielt dann nur die Rolle einer einfachen bildungsfähigen Flüssigkeit. —

**) Man unterscheidet darnach die totale und die partielle Dotterklüftung. Bei letzterer nennt man den Theil des Dotters, auf welchen sich die Klüftung erstreckt, den Bildungsdotter (s. Fig. 93 c), den übrigen Theil den Nahrungsdotter (s. Fig. 93 b).

geben, gestaltet.*) Damit sind, wie Leuckart es bezeichnet, die

Fig. 94.



Verschiedene Stadien der Dotterklüftung eines Säugethieres.**)

ersten „elementaren Bausteine" des zukünftigen thierischen Leibes gebildet; aus ihnen bauen sich in der That die ersten Anlagen der einzelnen Organe des Thierkörpers auf. —

Fassen wir nun wieder das Hühnerei allein in's Auge, so ist es gewiß, daß es diesen Furchungsproceß des bezeichneten Theiles seines Dotters schon in den Eileitern erfährt und daß derselbe schon beendigt ist wenn das Ei nach Außen gelangt. Das gelegte Ei bietet dann folgende Verhältnisse dar:

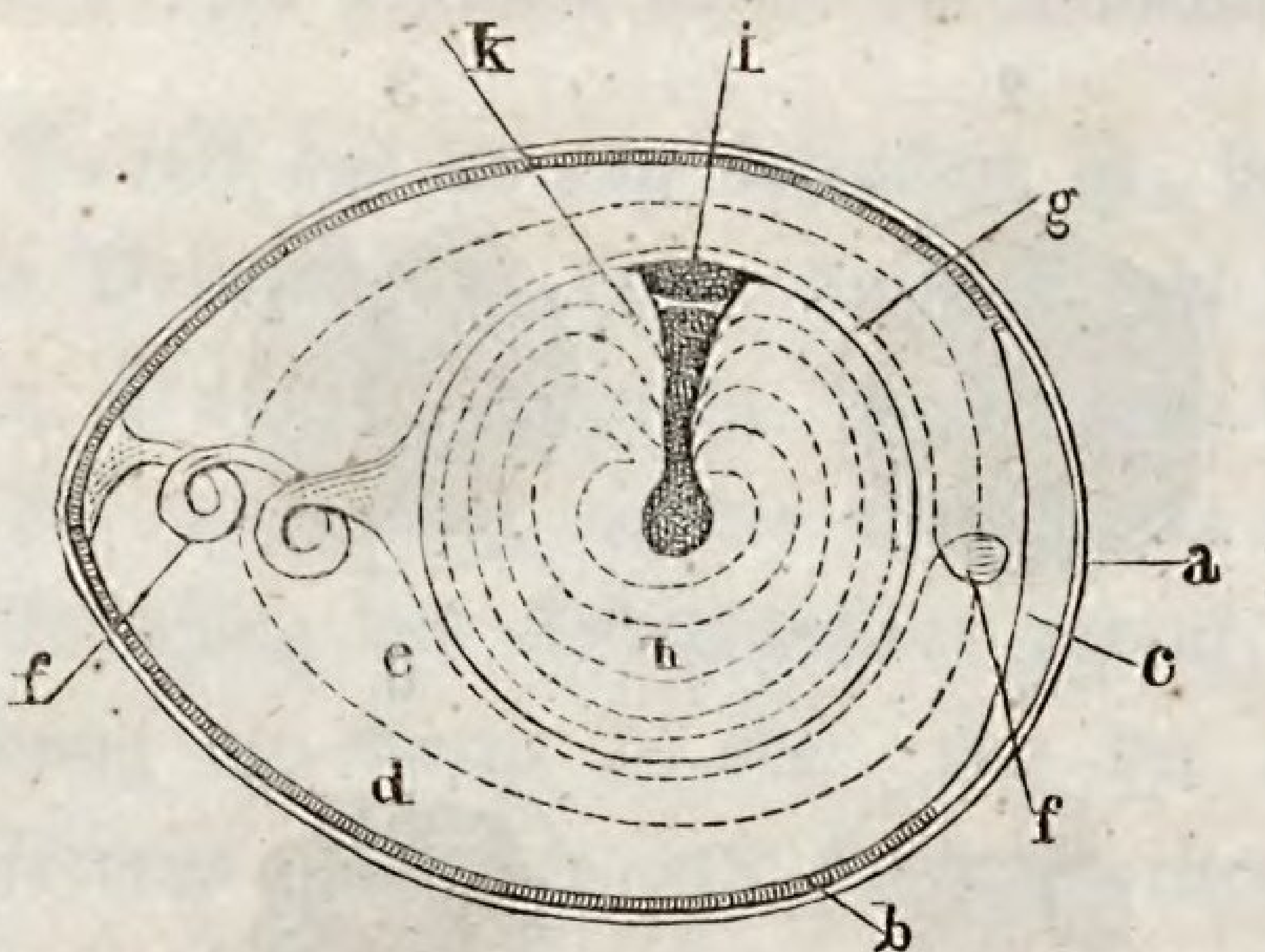
---

*) Bischoff (Entwicklungsgeschichte des Hundeeies S. 65) sagt: „Ich kann bestimmt sagen, daß während die Dotterkörnchen früher, so lange sie Kugeln bildeten, sicherlich von keiner Zellenmembran umschlossen waren, sie später eben so sicher von einer solchen umhüllt sind."

**) Nach Bischoff, Entwicklungsgeschichte des Hundeeies. In 1 stellt der Dotter eine gleichförmige Masse, nach Auflösung des Keimbläschens dar. In 2 hat er sich von der Dotterhaut abgelöst. In 3 beginnt die Klüftung. In 4, 5, 6 u. s. w. setzt sich dieselbe fort, um schließlich die den Säugethieren eigenthümliche, den Dotter umschließende Keimblase zu bilden (s. u.), was bei den Vögeln nicht der Fall ist. —

Die Hauptmasse des Dotters (Fig. 95 h) ist unverändert; auch die Narbe ist nach, wie vor sichtbar; aber das Keimbläschen ist verschwunden; an seiner Statt findet man jetzt unmittelbar unter der Dotterhaut den Keim, einen Zellenhaufen (Fig. 95 i), woraus sich gleich beim Anfange der Bebrütung die Keimhaut entwickelt, und etwas tiefer gelegen, in den Dotter eingebettet, durch einen kleinen mit Flüssigkeit ausgefüllten Raum von dem Keim getrennt, den sog. Keimhügel (Fig. 95 k), eine lockere, weißgelblich, etwas konisch geformte Körnerschicht. Jener ist es auf den sich unsre Aufmerksamkeit jetzt vorzugsweise zu richten hat; sobald die Bebrütung beginnt, unterliegt er beständigen Veränderungen, um sich nach und nach zum Embryo zu gestalten. —

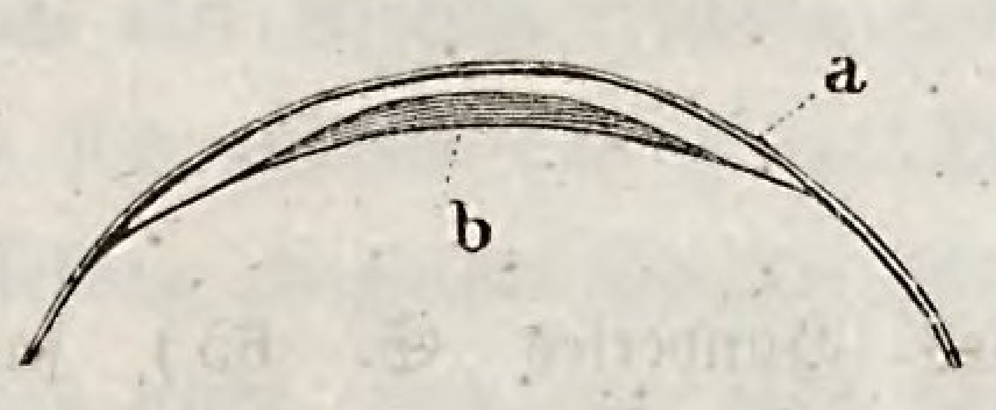
Fig. 95.



Senkrechter (idealer) Durchschnitt durch ein frisch gelegtes Hühnerei. *)

Die erste Veränderung, welche er erfährt, ist eine Zunahme an Dicke und Umfang, eine völlige Loslösung von der Dotterhaut (Fig. 96 a), der er zuvor oft anklebt, und eine Aufhellung im Centrum. Der Keim wird dabei zur Keimhaut (Fig. 96 b), die sich bald als aus drei verschiedenen Blättchen zusammengesetzt betrachten läßt. Der Zellenhaufen, welcher aus dem Furchungsproceß

Fig. 96.

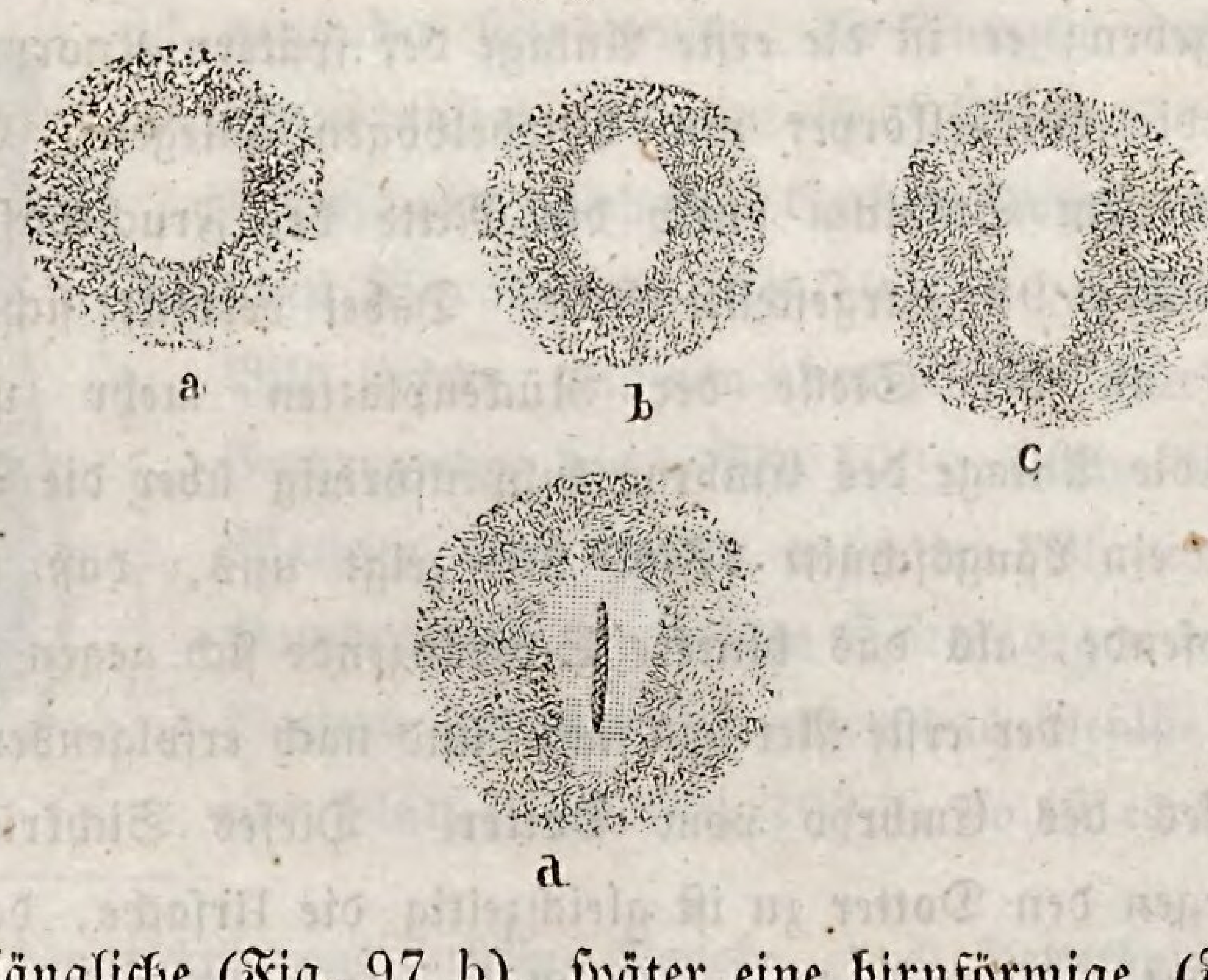


*) a. Kalkschaale. b. Schaalenhaut, die aus zwei Blättern besteht, welche am stumpfen Ende des Eies auseinanderweichen, um den Luftraum c zu bilden. d äußere flüssigere, e. innere zähere Eiweißschicht. f Hagelschnüre, die sich um den Dotter als sehr zarte Haut fortsetzen. g Dotterhaut. h Dotter. i Keim, ein Zellenhaufen. k centrale weißlich Dottermasse, deren oberer Theil den sog. Keimhügel bildet.

hervorging, besteht nämlich nicht aus lauter gleich großen Zellen; die keinen sind leiner und in der Bildung weiter vorgeschritten, als die andern; und während die kleinern die oberflächlichste Schicht der Keimhaut bilden, setzen die größern die untere Schicht zusammen. Aus jenen entwickeln sich späterhin die Organe des animalischen Lebens, Haut, Muskeln, Skelett, Nervensystem, Sinnesorgane u. s. w., aus diesem die vegetativen Organe, der Darmkanal mit seinen Anhängen, als Leber, Milz, Lunge u. s. w. Dem entsprechend nennt man denn auch das obere Blatt der Keimhaut das animale Blatt, das untere das vegetative. Zwischen beiden entwickelt sich im Laufe der ersten beiden Bebrütungstage das dritte, das sog. Gefäßblatt, aus welchem die ersten Anlagen des Herzens und der großen Gefäße hervorgehen.

Die oben erwähnte Aufhellung der Keimhaut im Centrum beginnt schon um die sechste bis achte Stunde der Bebrütung; man unterscheidet dann an der Keimhaut den sog. durchsichtigen Fruchthof von dem dunklern Gefäßhof. (Fig. 97 a) Um die zwölfte Stunde hat der erstere

Fig. 97.

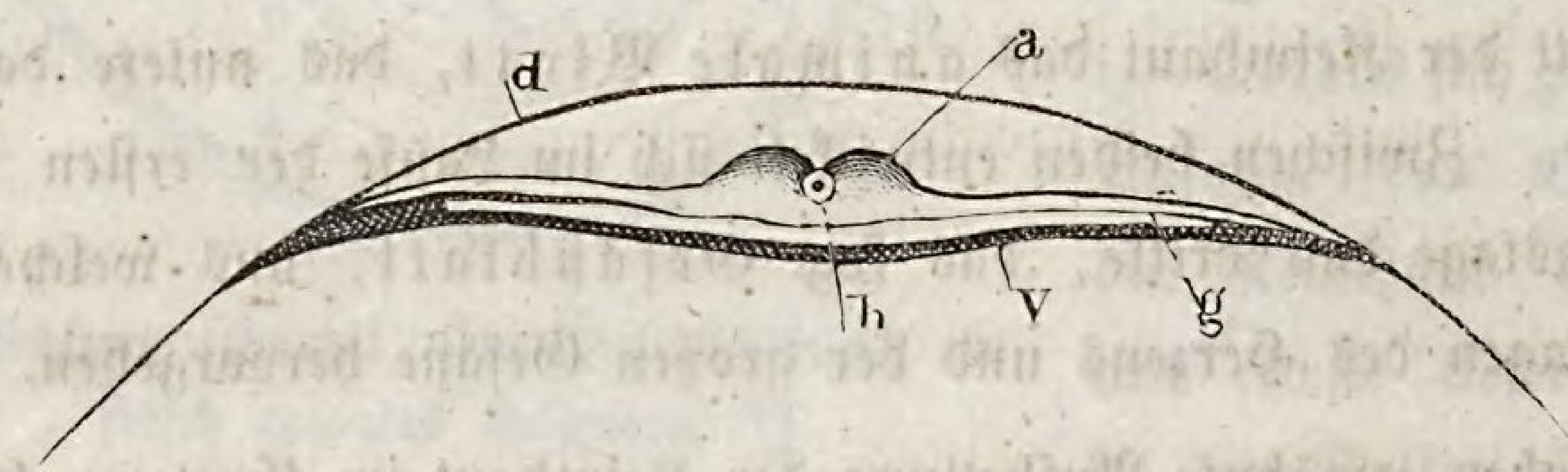


schon eine längliche (Fig. 97 b), später eine birnförmige (Fig. 97 c) Gestalt angenommen und eben um diese Zeit, etwa die fünfzehnte Stunde, erkennt man an ihm auch schon die erste Anlage des künftigen Thieres, und zwar in Gestalt einer leichten, in der Queraxe des Eies liegenden Vertiefung, die sog. Primitivrinne (Fig. 97 d). Man vermag um diese Zeit die Keimhaut als zusammenhängendes Blatt leicht mit einer Scheere von dem Dotter abzuschneiden, von der auf ihr lie-

genden Dotterhaut abzuspülen und nun mikroscopisch zu beobachten. Was sich weiterhin ereignet, wollen wir jetzt in möglichster Kürze andeuten.

Zunächst erheben sich zu beiden Seiten der Primitivrinne gegen die sechszehnte bis achtzehnte Stunde ein paar Kämme oder Wülste, die sog. Rückenplatten, die nach vorn und hinten hin etwas auseinanderweichen. (Fig. 98 a) Es sind dies dichtgedrängte Zellenlagen,

Fig. 98. *)

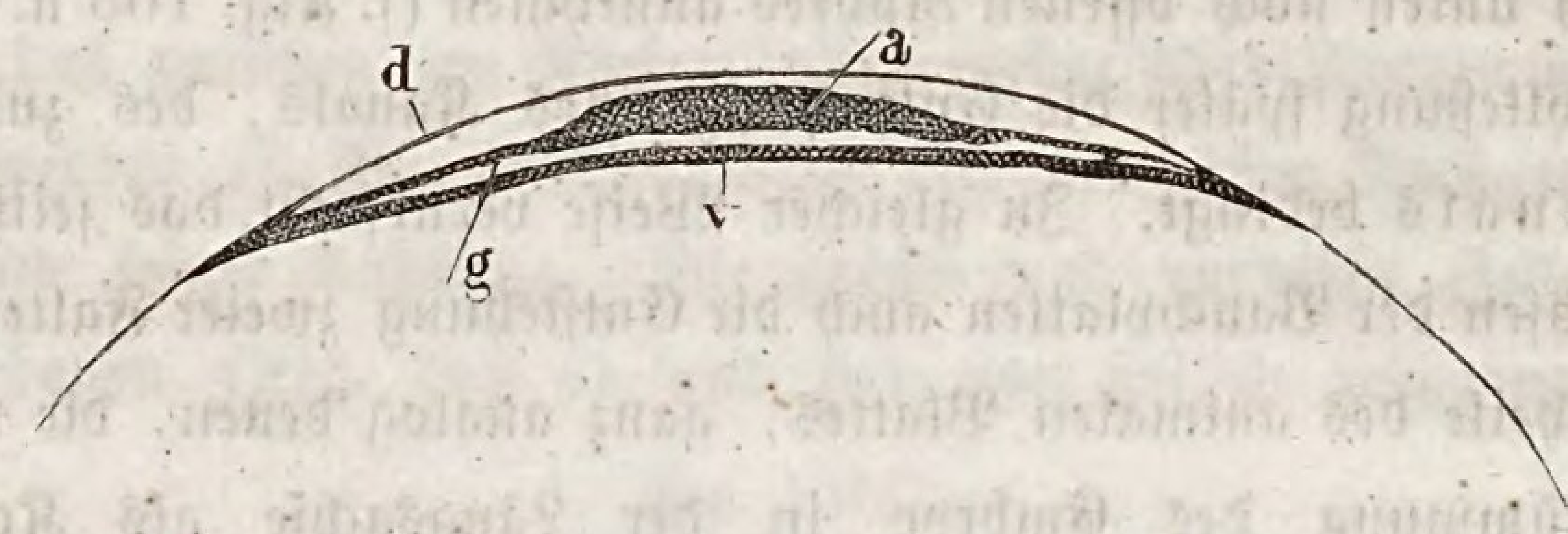


in denen man alsbald dunkle, fast viereckige Plättchen, als die ersten Anlagen der Wirbelbögen erkennt. Unter der Primitivrinne erscheint ungefähr um dieselbe Zeit die sog. Rückensaite oder Wirbelsaite (Fig. 98 b), ein sehr feiner Längsstreifen, von einer durchsichtigen Scheide umgeben; er ist die erste Anlage der spätern Knorpelsäule, an welche sich die Wirbelkörper und Wirbelbögen anlegen. Ein Querschnitt, in diesem Stadium durch die Mitte des Fruchthofes geführt, giebt das in Fig. 98 dargestellte Bild. Dabei verdickt sich das animale Blatt an der Stelle der Rückenplatten mehr und mehr, es hebt sich die Anlage des Embryo kuppenförmig über die Dotterfläche hervor, und ein Längsschnitt (Fig. 99) zeigt uns, daß sowohl das vordere Kopfende, als das hintere Schwanzende sich gegen den Dotter zu krümmt, — der erste Act des nach und nach erfolgenden Abschnürungsprocesses des Embryo vom Dotter. Dieses Sichkrümmen des Embryos gegen den Dotter zu ist gleichzeitig die Ursache, das sich das animale Blatt, welches über die Anlage des Embryo selbst hinausreicht, später faltenförmig erhebt oder besser stehen bleibt (s. Fig.

*) Ein Querschnitt auf die Längsachse der Embryonalanlage; wie alle folgenden Zeichnungen nach E. von Baer (Ueber Entwicklungsgeschichte der Thiere. 1828.) und R. Wagner (Icones physiologicae). — d Dotterhaut. a Rückenplatten. b Wirbelsaite.

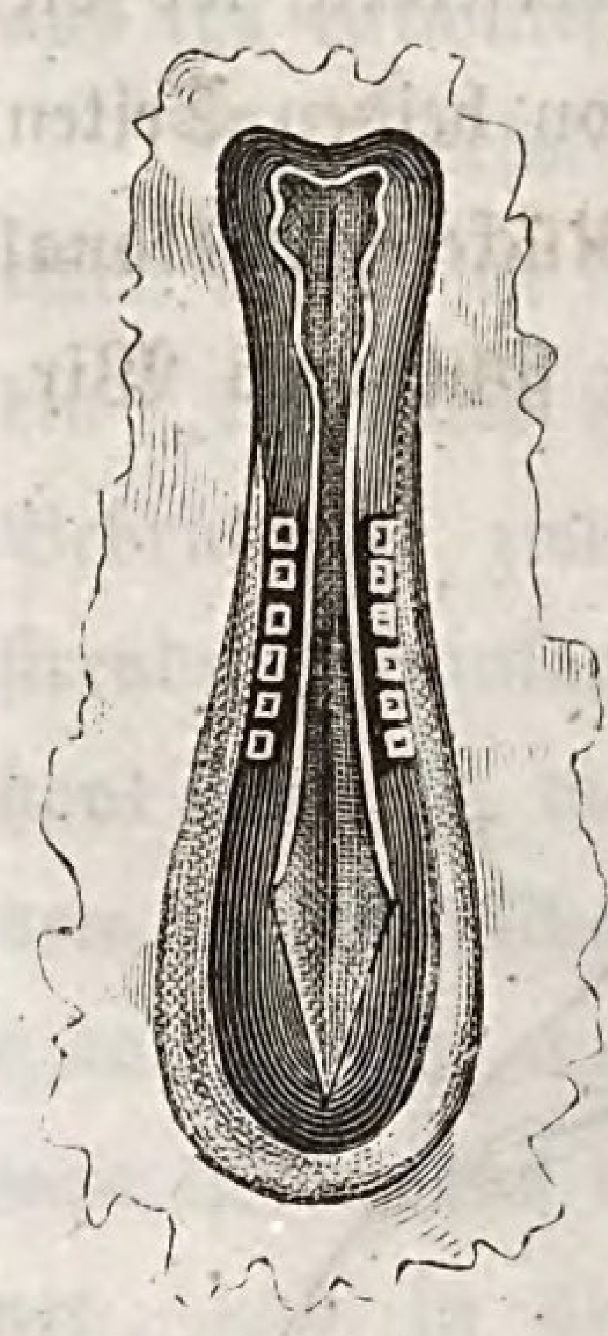
102 x), und damit die sog. Kopfkappe und Schwanzkappe,

Fig. 99. *)



die erste Anlage der den Embryo später umgebenden häutigen Hüllen bildet. Zu derselben Zeit aber, wo der Embryo seiner Länge nach eine Krümmung erfährt, wuchert und verdickt sich das animale Blatt auch seitlich von den Rückenplatten, und während wir diese als nach oben zu wachsende Wülste kennen lernten, wachsen diese Verdickungen, die man die Bauchplatten nennt, nach unten zu (s. Fig. 101 c). Durch die endliche Vereinigung jener soll der Wirbelkanal, der Kanal für Gehirn und Rückenmark gebildet werden, durch die der Bauchplatten die Leibeshöhle, die die Organe der Verdauung, die Lungen und das Herz einzuschließen bestimmt ist. Ein jetzt ausgeführter Querschnitt durch den Embryo würde uns ein zwischen Fig. 98 und Fig. 101 in der Mitte stehendes Bild liefern; und von oben gesehen, würde der ganze Embryo etwa das in Fig. 100 gegebene Bild darstellen. Wachsen aber die im animalen Blatte entstehenden Bauchplatten von beiden Seiten gegen die Masse des Dotters und zunächst gegen das Gefäß- und vegetative Blatt zu (s. Fig. 103 c), so ist es klar, daß die

Fig. 100. **)



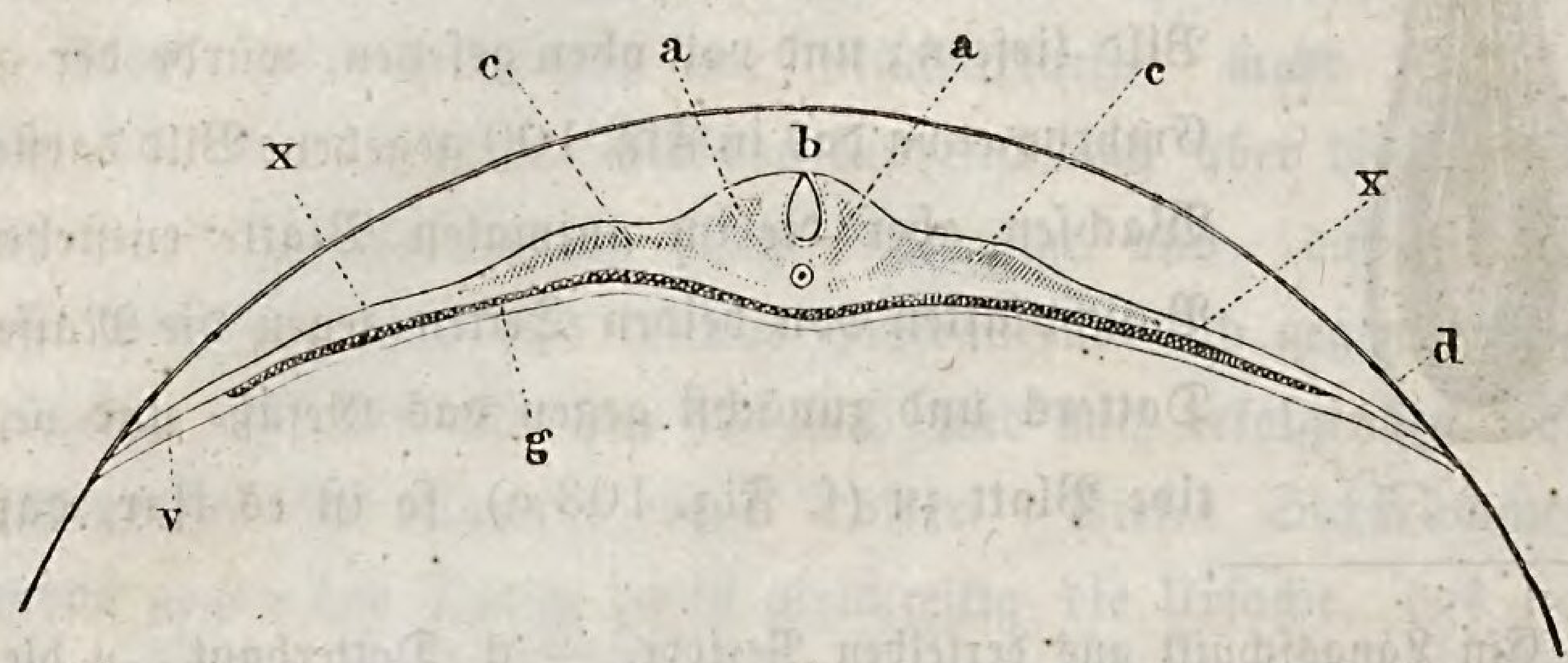
*) Ein Längsschnitt aus derselben Periode. — d Dotterhaut. a die Bildung des Embryo im animalen Blatt. g Gefäßblatt (hier als weißer Streifen). v Vegetatives Blatt.

**) Diese Zeichnung ist der „Entwicklungsgeschichte des Hundes" von Bischoff entnommen; beim Hühnchen verhält sich Alles sehr ähnlich. Die Rückenplatten haben sich noch nicht geschlossen, man sieht in die spätere Rückenmarkshöhle hinein. Vorn erweitert sich die Höhlung zur spätern Gehirnbildung. In den Rückenplatten selbst sieht man sechs paar Wirbelblättchen. Gegen die Höhlung zu, an ihrer Innenfläche sind sie

letztern, und es ist dies namentlich wichtig für das vegetative Blatt, eine Einschnürung erfahren müssen; es muß das vegetative Blatt die Gestalt eines nach unten noch offenen Rohres annehmen (s. Fig. 103 u. 106 D), dessen Schließung später die Entstehung eines Kanals, des zukünftigen Darmkanals bedingt. In gleicher Weise verursacht das seitliche Abwärtswachsen der Bauchplatten auch die Entstehung zweier Falten in dem äußern Theile des animalen Blattes, ganz analog denen, die wir oben durch Krümmung des Embryo in der Längsachse als Kopf- und Schwanzkappe entstehen sahen. Man kann jene Falten die Seitenkappen nennen; es finden sich dieselben in Fig. 101 bei x in der ersten, leichtesten Erhebung angedeutet. Durch Vereinigung aller vier Kappen über dem Embryo entstehen später (am vierten Tage) die zwei denselben umhüllenden Häute, das sog. Ammnion und die sog. äußere seröse Hülle.

Die Rückenplatten schließen sich nun aber viel früher, als die Bauchplatten. Kehren wir wieder zu ihnen zurück, so finden wir schon etwa um die sechsunddreißigste Stunde an dem Theile derselben, wo die ersten Wirbelkörper entstanden, eine Vereinigung der von beiden Seiten hervorwuchernden Kämme eingetreten, d. h. also den Rückenmarkskanal zum Theil geschlossen (Fig. 101 bei b); die Zahl der sichtbaren Wir-

Fig. 101.*)



mit einem weißen Streifen bekleidet, d. i. die erste Anlage der Rückenmarks- und Gehirnsubstanz. Dem Embryo hängen Fetzen des animalen Blattes an.

*) Querschnitt. d Dotterhaut. a a Rückenplatten, die sich bei b schließen, um den Rückenmarkskanal zu bilden. c c. Bauchplatten. Darunter liegen das durch Punkte bezeichnete Gefäßblatt und das vegetative Blatt.

belbogenplättchen hat sich auf 10—12 Paare vermehrt, und wenn wir früher erwähnten, daß die Rückenplatten nach vorn und hinten etwas auseinanderwichen, so ist diese Auseinanderweichung am Kopfende jetzt so bedeutend, daß zwischen den Rückenplatten mehre Abtheilungen oder Zellen sichtbar werden (s. Fig. 100). Dies sind die ersten Anlagen des Gehirns und seiner Anhänge. Die größte und vorderste Zelle ist nach unten gebogen (Fig. 102 a) und hat zwei seitlich gebogene Buchten,

Fig. 102.*)



als erste Anlagen der Augen; es ist die Zelle für die Sehhügel und die Schenkel des großen Gehirns; die zweite kleinere Zelle ist die für die Vierhügel, die dritte längliche Zelle die für das verlängerte Mark; aus ihr entwickelt sich später das Gehörorgan (vgl. Fig. 104). —

Was erfolgt während dieser Vorgänge im animalen und vegetativen Blatte in dem Gefäßblatt? Mit R. Wagner können wir es als ein „colossales Factum" bezeichnen, daß schon am zweiten Tage der Bebrütung, zwischen jenen erstern beiden Blättern gelegen, eine pulsirende Herzanlage (Fig. 102 h) gefunden wird, daß sich in der Keimhaut und in dieser Anlage schon ein hellgefärbtes Blut bewegt. In dem peripherischen Theile des Gefäßblattes, also über den Embryo selbst hinaus, sieht man inselartige Punkte entstehen, zwischen ihnen findet man Risse, aus denen sich zarte Kanäle, Blutgefäße zu entwickeln scheinen, und in diesen Kanälen bewegt sich blaßgelblich gefärbtes Blut. Das Herz selbst dagegen entsteht in der Form eines wellenförmig gebogenen Schlauches (s. Fig. 102 h und 104 h), der an seinem hintern und dickern Ende in zwei oder drei Schenkel (die spätern großen Venenstämme), vorn in einen einfachen, in seinem Verlauf aber noch nicht näher zu bestimmenden Kanal übergeht. Doch schon die nächste Zeit,

*) Längsschnitt. h die Herzanlage im Gefäßblatt.

die Zeit von der sechsunddreißigsten bis funfzigsten Stunde, die zweite Hälfte des zweiten Tages giebt uns Aufschluß darüber. Die in diese Periode fallenden Ereignisse fassen wir kurz in Folgendem zusammen:

Die Rückenplatten verschmelzen in der ganzen Länge des Verlaufs; der Rückenmarkskanal (Fig. 103 k) ist gebildet. Der Kopf (Fig. 104 g) krümmt sich stark nach unten. An der vordern Hirnzelle

Fig. 103.*)

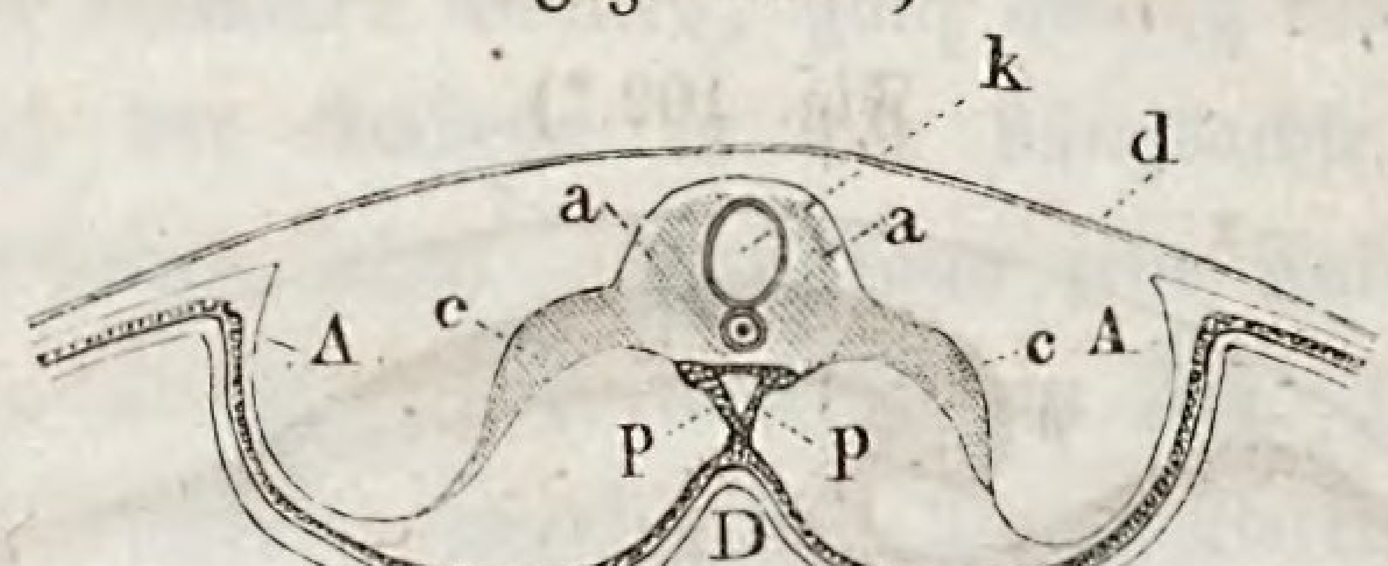
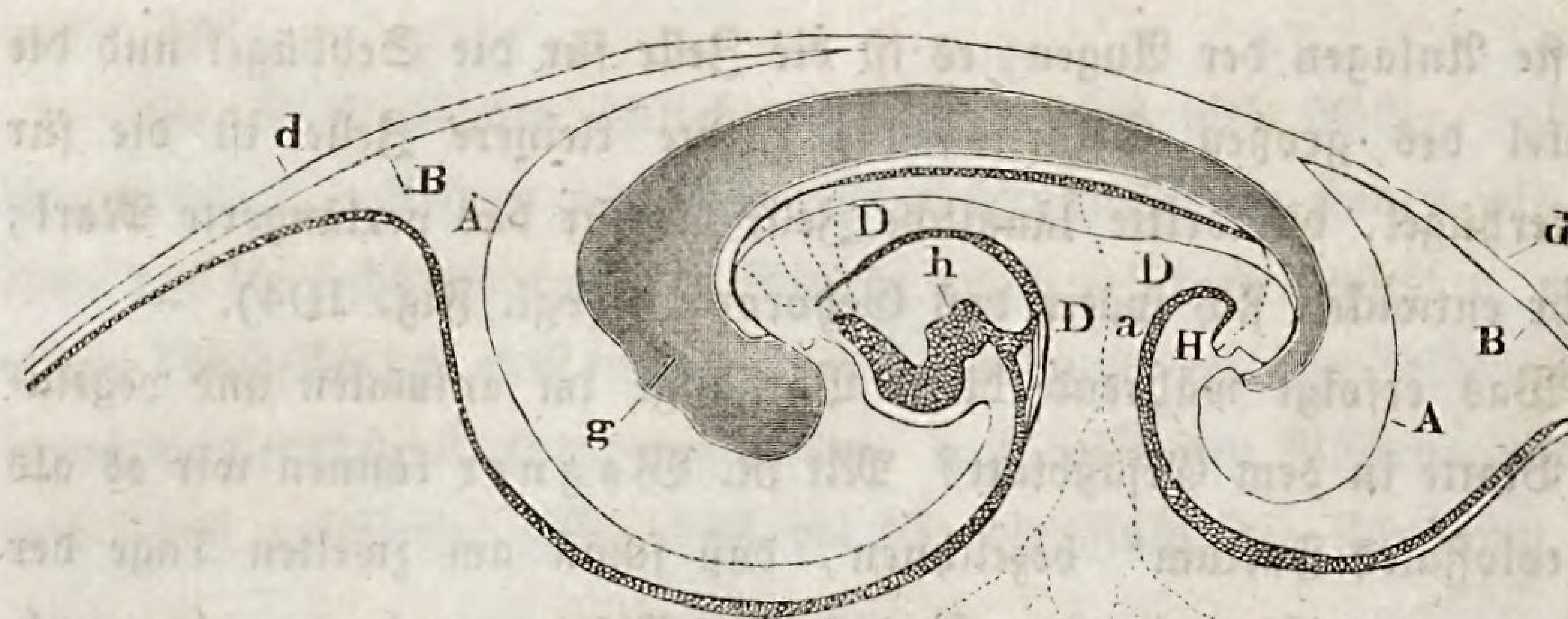


Fig. 104.*)

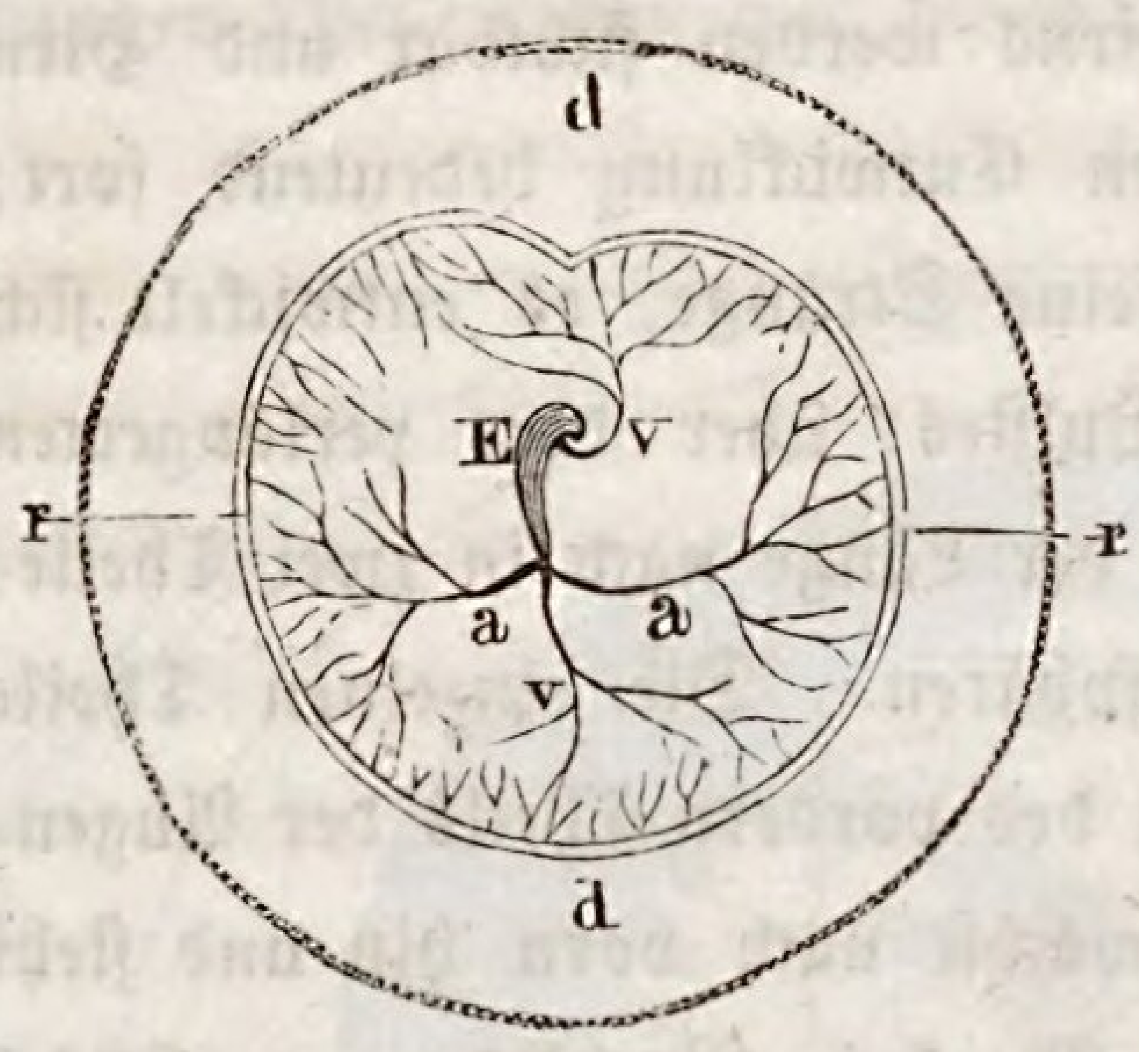


treten die Augenblasen stark hervor und geben ihr das Ansehn eines Hammers, die mittlere Hirnzelle vergrößert sich stark und aus der dritten Zelle erhebt sich blasenförmig beiderseits die Anlage des Gehörorgans; auch ist häufig an ihr schon eine vordere Abschnürung sichtbar, d. i. die Anlage für das kleine Gehirn. In der Peripherie des Gefäßblattes bildet sich ein Ringgefäß (Fig. 105 r a. f. S.), in dem sich das Blut sammelt, um von hier aus dem Herzen zuzufließen und von ihm wieder zurückgetrieben zu werden. Das Herz nimmt eine mehr gewundene Gestalt an, hat eine vordere und hintere Abtheilung (die

*) Fig. 103 und 104: d Dotterhaut. B Seröse Hülle. A Amnion. D Darmkanal. Fig. 103: a Rückenplatten. c Bauchplatten. p Gekrösplatten. k Rückenmarkskanal. Fig. 104: a Dotterarterien. g Kopf. o Mundöffnung. h Herz. H Harnsack.

spätern Vorhöfe und Kammern) (s. Fig. 104 h); sein vorderes Ende

Fig. 105. *)



sieht man jetzt in zwei Schenkel gespalten, welche bis an die Decke der künftigen Rachenhöhle gehen, dann rückwärts unter der Wirbelsäule verlaufen, zur künftigen großen Schlagader, der Aorta, verschmelzen, sich wieder spalten und so endlich als die das Blut vom Herzen wegführenden Gefäße (Fig. 104 a) in vielfacher Verästelung gegen das Ringgefäß zu verlaufen. Das Blut färbt sich roth. — Der Darmkanal (Fig. 104 DDD) schnürt sich in Folge des Abwärtswachsens der Bauchplatten (Fig. 103 c) mehr und mehr vom Dotter ab, steht aber immer noch mit demselben in weiter, offener Communication (Fig. 104 D).

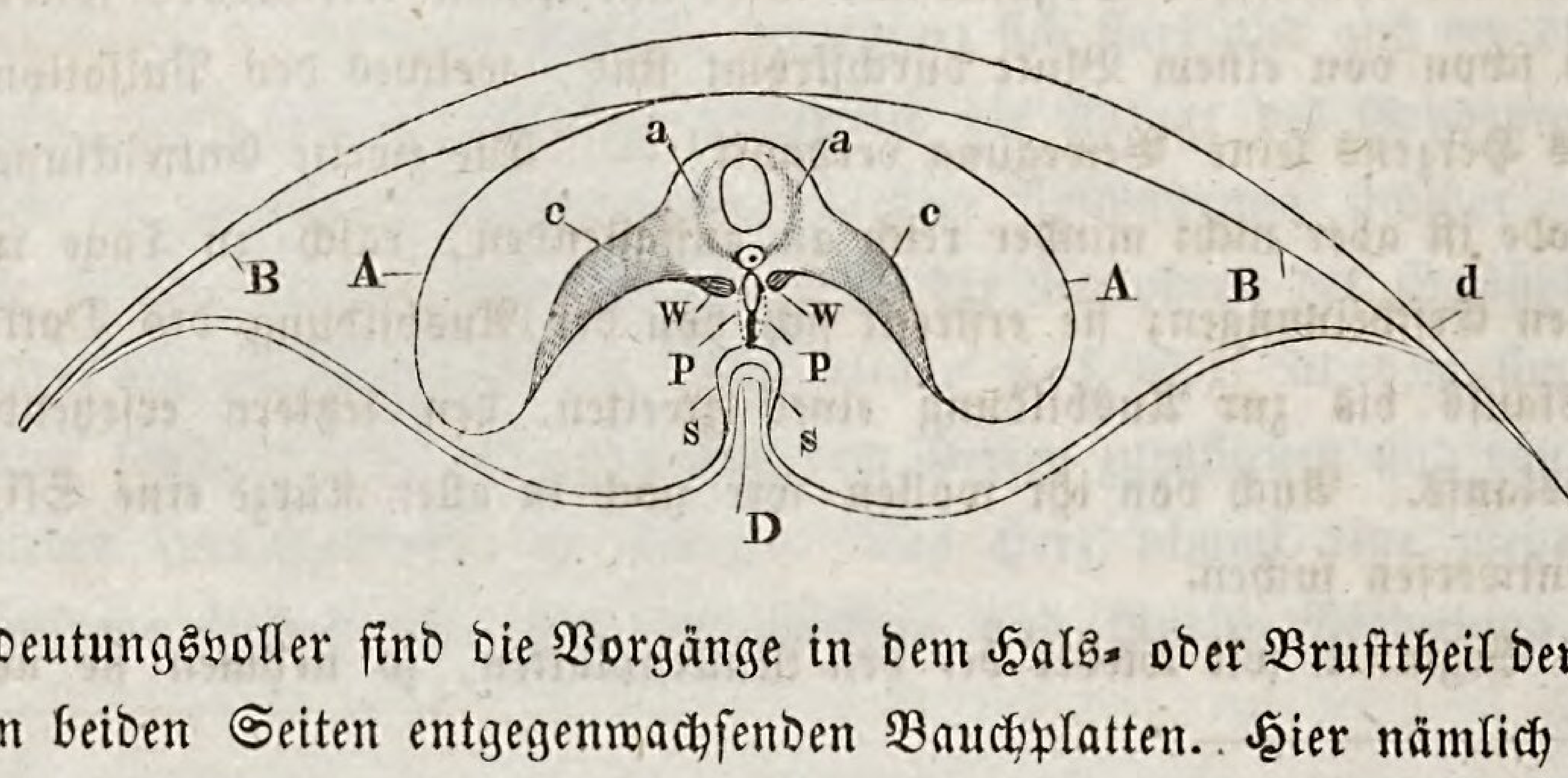
Dies sind die wunderbaren ersten Entwicklungserscheinungen des Hühnchens, welche man gemeiniglich als die der ersten Periode zusammenfaßt. Dieselbe erstreckt sich von Beginn der Entwicklung bis zur Ausbildung des beschriebenen sog. Dotterkreislaufs. Es wird Jedem unwillkürlich das Gefühl der Bewunderung erzeugen müssen, daß in der kurzen Zeit von achtundvierzig Stunden die ersten Anlagen der einzelnen Theile des thierischen Organismus nicht nur genau erkennbar, sondern auch schon von einem Blute durchströmt sind, welches den Pulsationen eines Herzens seine Bewegung verdankt! — Die zweite Entwicklungsperiode ist aber nicht minder reich an auffallenden, rasch zu Tage tretenden Erscheinungen; sie erstreckt sich von der Ausbildung des Dotterkreislaufs bis zur Ausbildung eines zweiten, den letztern ersetzenden Kreislaufs. Auch von ihr wollen wir noch in aller Kürze eine Skizze zu entwerfen suchen.

Beginnen wir wieder bei den Rückenplatten, so nehmen sie noch

*) Das bebrütete Ei von oben gesehen. Die Ausbildung des ersten sog. Dotterkreislaufs. — dd der Dotter. E der Embryo. aa die Dotterarterien. vv die Dottervenen. rr das Ringgefäß. (Nach Wagner's Icones physiologicae.)

fortwährend an Dicke zu, schließen sich immer weiter und mehr gegen den Kopf zu und lassen eine immer größere Anzahl Wirbelplättchen-Paare erkennen. Die Hüllen des Gehirns werden sichtbar und Hirn und Rückenmark schreiten in der eigenen Entwicklung bedeutend fort; so z. B. theilt sich das Rückenmark in seine Stränge, es entwickelt sich das kleine Gehirn in Form eines Wulstes über dem verlängerten Mark, die vordere Hirnzelle theilt sich der Länge nach in zwei Theile: die künftigen beiden großen Hirnhemisphären. Die einzelnen Theile des Auges bilden sich durch Einstülpung des vordern Theils der Augenzellen nach innen; das Gehörbläschen wächst nach vorn hin und steht durch einen Stiel mit dem verlängerten Mark in Verbindung. Höchst wichtig sind die gleichzeitig im Bereich der Bauchplatten vor sich gehenden Veränderungen. Um nämlich dem Darmrohr eine Befestigung zu geben an der vordern (untern) Seite des Rückgrats (die Stelle der Wirbelsaite), bildet sich zu beiden Seiten der Wirbelsaite ein aus der Vereinigung des animalen und Gefäßblattes entstehendes Blatt, die sog. Gekrösplatten (s. Fig. 103 p); diese drängen gewissermaaßen das Schleimblatt (Darmrohr) vor sich her, vereinigen sich dann aber, indem sie selbst in einem spitzen Winkel zusammentreten, mit demselben. Später verwachsen beide Gekrösplatten miteinander (s. den Anfang der Verwachsung in Fig. 106 p) und bilden nun das Aufhängeband des Darmrohrs. — Noch

Fig. 106.

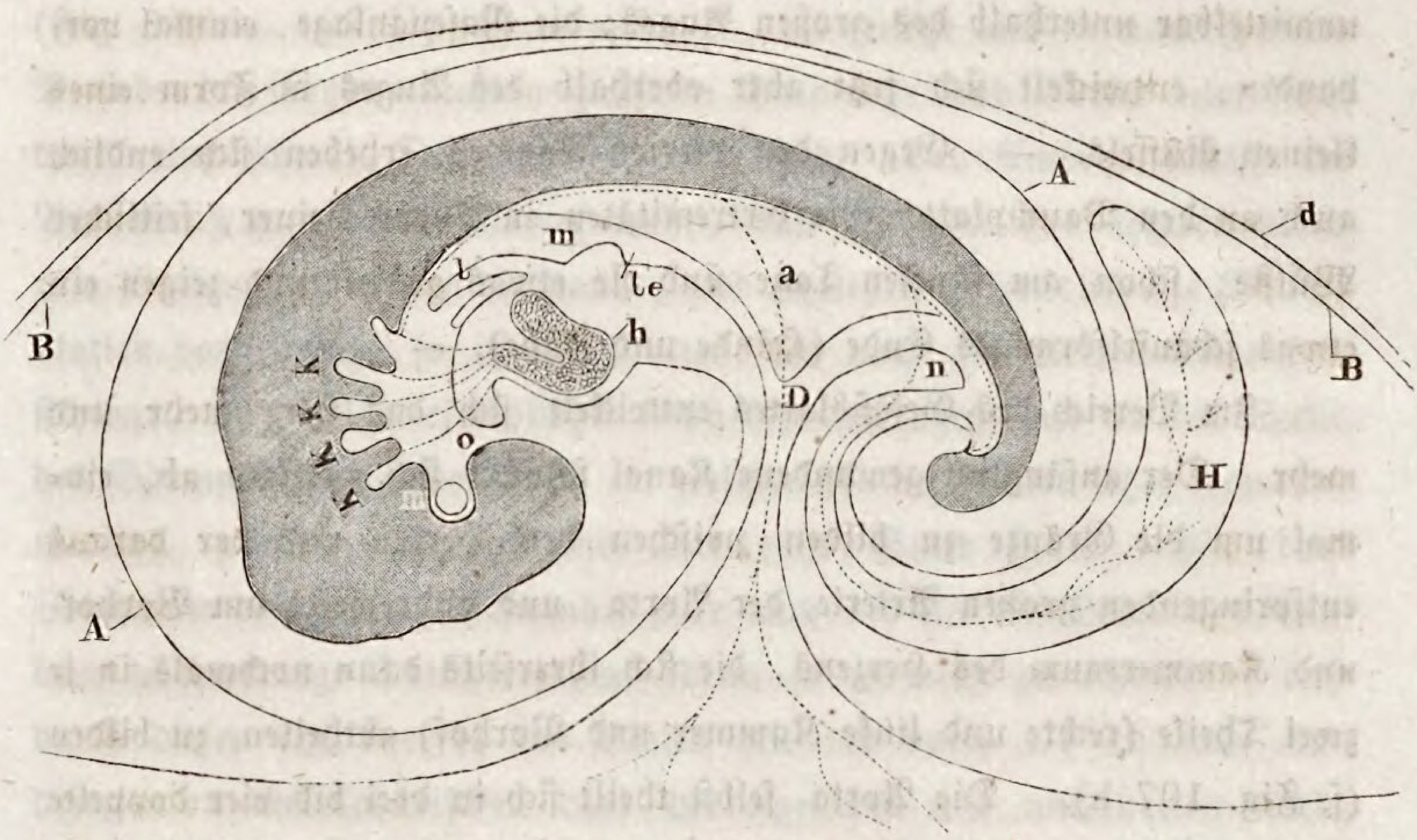


bedeutungsvoller sind die Vorgänge in dem Hals- oder Brusttheil der sich von beiden Seiten entgegenwachsenden Bauchplatten. Hier nämlich ver-

*) Bezeichnungen wie in Fig. 103. w Wolff'sche Körper. s Seröse Hülle des Darmrohrs.

dünnen sich an einigen Stellen die Platten, es entstehen Lücken in ihnen, die zum Theil auch das Schleimblatt durchdringen, und die übrigbleibenden Theile stellen nun die sog. Kiemenbogen (Fig. 107 kkkk) dar.

Fig. 107. *)



Man sieht drei oder vier Paare solcher Bögen, und indem sich zwischen dem ersten derselben und der Kopfanlage ebenfalls ein Durchbruch, eine Lücke in den bisher noch continuirlich verlaufenden Blättern bildet, entsteht die Mundspalte (s. Fig. 105 u. 107 o), die zu dieser Zeit noch sehr groß ist. — Vereinigen sich nun später die sich einander gegenüberstehenden Bögen, so entsteht aus dem Zusammentritt des ersten Paares der Unterkiefer, aus dem des zweiten Paares das Zungenbein. Vor dem Unterkiefer bildet sich am dritten bis vierten Tage eine Verdickung in den Bauchplatten, aus welcher beiderseits eine Hälfte des Oberkiefers hervorgeht (Fig. 107 m). Diese Hälften wachsen, wie die Bauchplatten überall, einander entgegen, und vereinigen sich in der Mittellinie mit der von der Stirngegend zwischen beiden Augen herabwachsenden Nasenanlage. Daß dem so sei, geht insonderheit

*) d Dotterhaut. B Seröses Blatt. A Amnion. kkkk Kiemenbogen. o Mundspalte. l Lunge. m Magen. le Leber. h Herz. a Dotterarterie. n Nabelarterie, die sich auf H, dem Harnsack, verzweigt.

klar aus Mißbildungen hervor, denen man den Namen der Cyclopieen gegeben hat. Statt zweier seitlich gelegener Augen findet sich hier ein großes in der Mitte gelegenes Auge; dieses verhindert das Herabwachsen der Nasenanlage; die Oberkieferhälften verschmelzen deshalb unmittelbar unterhalb des großen Auges; die Nasenanlage, einmal vorhanden, entwickelt sich jetzt aber oberhalb des Auges in Form eines kleinen Rüssels. — Gegen den vierten Tag zu erheben sich endlich auch an den Bauchplatten die Extremitäten in Form kleiner, seitlicher Wülste; schon am fünften Tage sind sie etwas gestielt und zeigen ein etwas schaufelförmiges Ende (Hände und Füße). —

Im Bereich des Gefäßblattes entwickelt sich das Herz mehr und mehr. Der anfänglich gewundene Kanal schnürt sich dreifach ab, einmal um die Gränze zu bilden zwischen dem Herzen und der daraus entspringenden großen Arterie, der Aorta, und andrerseits um Vorhof- und Kammerraum des Herzens, die sich ihrerseits dann nochmals in je zwei Theile (rechte und linke Kammer und Vorhof) abtheilen, zu bilden (s. Fig. 107 h). Die Aorta selbst theilt sich in drei bis vier doppelte Bögen, die gegen die Kiemenspalten zulaufen, später zum Theil den großen Schlagadern des Halses, die das Blut zum Kopf führen sollen, ihre Entstehung geben, vor der Wirbelsäule aber wieder zu einem Stamme zusammenfließen. Von diesem aus sieht man jetzt sehr schön die beiden schon oben genannten Arterienzweige (die Dotterarterien Fig. 107 a) zu beiden Seiten des Embryo gegen das Ringgefäß des Dotterkreislaufs laufend, während vier Venenstämme, die sog. Dottervenen das Blut aus dem Ringgefäß in den Vorkammerraum des Herzens zurückbringen. Weiter gegen das Schwanzende des Embryo zu theilt sich aber die Aorta alsbald noch einmal, um die beiden Nabelarterien (Fig. 107 n) zu bilden, die sich auf dem sogleich zu beschreibenden Harnsack verzweigen.

Es bildet sich dieser von dem Schleimblatt aus, an dem in dieser Periode die Anlage der meisten innern Organe (Respirations- und Verdauungsorgane) sichtbar wird. Wir sahen oben die sog. Gekrösplatten von der Wirbelsäule aus gegen das Darmrohr zu wachsen, um demselben ein Aufhängeband zu werden; im weitern Wachsthum legen sich diese Platten als feine Haut auch um das Darmrohr selbst, um

seine spätere glatte seröse Umhüllung, (Fig. 106 ss) zu bilden. Gleichzeitig haben wir uns aber daran zu erinnern, daß die Bauchplatten immer mehr nach vorn zu convergiren, dadurch schnüren sie das nach unten noch ganz offen auf dem Dotter aufliegende Darmrohr (Fig. 106 u. 107 D) immer mehr ab, bis zuletzt und in einer spätern Periode die Communication zwischen Darmrohr und Dotter nur noch durch eine schmale Oeffnung erhalten wird. Der Embryo wächst im Verhältniß zum Dotter immer mehr, das Material des letztern wird zum Aufbau des erstern verwandt, und schließen sich endlich die Bauchplatten vorn ganz, so ist der Dotter, oft noch als kleines Kügelchen sichtbar, in die Unterleibshöhle selbst hineingezogen und an der Stelle des Darmrohrs noch befestigt, an welcher die bezeichnete letzte Communication zwischen Dotter und Darmrohr Statt hatte. Mit dem Schwunde des Dotters schwindet aber auch der für das Leben des Embryo nothwendige Dotterkreislauf, denn es ist nicht zu übersehen, daß durch diesen ein Verkehr des Blutes mit der durch die Eischaale eindringenden atmosphärischen Luft herbeigeführt und unterhalten wird, daß der Dotterkreislauf für den Embryo dasjenige ist, was der Kreislauf des Blutes in der athmenden Lunge des lebenden Thieres. Deshalb mußte für ein anderes provisorisches Organ zur Vermittlung des Verkehrs zwischen Blut und atmosphärischer Luft gesorgt werden; und dieses Organ ist der oben erwähnte Harnsack (Allantoïs) (s. Fig. 104 u. 107 H). Dieses Organ ist in der That nur eine sackförmige Ausstülpung des Darmrohrs, die von der Mitte desselben zwischen Dottergang und Schwanzende hervortritt, sehr rasch wächst und bald außerhalb des Amnion (Fig. 106 u. 107 A), zwischen ihm und der zweiten äußersten oben (S. 32) bezeichneten serösen Hülle (Fig. 106 u. 107 B) den ganzen Embryo umwächst, so daß derselbe von seinem Amnion umkleidet, zugleich in der gedoppelten Hülle des Harnsacks ruht. Auf diesem Sack verbreiten sich nun auch eben so rasch, als er wächst, die oben angedeuteten Verzweigungen der Aorta, die sog. Nabelarterien, sie bilden ein feines Netz, dessen Blut sich endlich wieder, rückwärts fließend, in einem größern Gefäß, der Nabelvene, sammelt. Diese führt das mit der Luft in Contact gewesene Blut dem Embryo wieder zu, läuft in einer Furche der Leber zur untern Hohl-

vene, und so zum Herzen zurück. — Während dieser Bildungsacte entwickeln sich gleichzeitig die innern Organe. Am vordern Theile des Darmrohrs bemerkt man zwei beutelartige Hervortreibungen, die Rudimente der künftigen Lunge (Fig. 107 l); weiter nach unten erweitert sich das Darmrohr etwas, um den Magen zu bilden (Fig. 107 m); neben und unter dieser Anschwellung erscheinen zwei Ausbuchtungen als Rudimente der Leber (Fig. 107 le), später ein kleines Höckerchen als Anlage der Bauchspeicheldrüse und ein blutrothes Körperchen als Milzrudiment. Zwischen Darmrohr und Wirbelsäule, zur Seite der oben beschriebenen Gekrösplatten, entwickeln sich aber zunächst die später wieder verschwindenden sog. Wolff'schen Körper oder Primordialnieren (Fig. 106 ww), neben denen man am sechsten bis siebenten Tage die Rudimente der wirklichen Nieren und der innern keimbereitenden Geschlechtsorgane erkennen kann.

So ist binnen fünf bis sechs Tagen die Anlage aller Hauptorgane des Hühnchens gegeben. So kurz die gegebene Skizze auch ist, sie wird einen Jeden in den Stand setzen, sich einen Begriff von dem Entwicklungsvorgange des thierischen Organismus zu machen und darauf nur konnte es hier ankommen. Drei Blätter (Zellenlagen) haben wir uns als Theile des Keimes anfänglich auf dem Dotter übereinanderliegend zu denken. Das oberste derselben, das sog. animale Blatt, wächst in Form einer oben und unten offenen 8, also in Form eines 8, nach oben und unten, um sich später oben zum Wirbelkanal, unten zur Brust- und Bauchhöhle zu schließen. Der nach unten wachsende Theil schnürt aber eben durch sein Nachuntenwachsen die zwei untern Blätter, das sog. Gefäß- und vegetative Blatt, immer mehr ein und vom Dotter ab, und während sich im ersten derselben Herz und große Gefäße, später Wolff'sche Körper und Nieren entwickeln, gestaltet sich das letzte schließlich zu einem Rohre, dem Darmrohre, aus dessen Seiten der Reihe nach Speicheldrüsen, Lungen, Leber, Bauchspeicheldrüsen und Milz hervorwuchern und das an seinem vordern und hintern Ende einen Durchbruch erleidet, um mit einer Mundspalte und einer untern Oeffnung des Darmkanals versehen zu werden. — Weiter können wir uns hier auf die Entwicklungsgeschichte des Wirbelthieres nicht einlassen. Wer sich näher damit beschäftigen will, der findet in Wagner's Lehrbuch der Physio-

logie 1843. eine sehr klare Darstellung der Entwicklungsgeschichte des Hühnchens, in Bischoff's verschiedenen Werken ausgezeichnete Darstellungen von der Entwicklung der Säugethiere, insonderheit des Kaninchens und Hundes; insonderheit aber auch in Bergmann's und Leuckart's mehrerwähntem Werke eine allgemeine treffliche Darstellung der Fortpflanzungs- und Entwicklungs-Verhältnisse im Thierreich. —

Keineswegs ist nun aber der hier geschilderte Entwicklungsvorgang eines Wirbelthiers, und zwar eines Vogels, bei allen Thieren derselbe. Die embryologischen Forschungen, die, fast ganz und gar den letzten beiden Jahrzehnden angehörig, wenn auch noch lange nicht abgeschlossen, sich doch schon über einen sehr großen Theil des weiten Gebietes erstrecken, haben uns vielmehr gelehrt, daß „eine Einheit des Planes in der Entwicklung der verschiedenen Thiere" nicht besteht, daß sich im Gegentheil die typische Verschiedenheit der Thierformen auch schon in der ersten Bildung derselben ausspricht. Die frühere, ungenaue Kenntniß der Entwicklungsgeschichte höherer und niederer Thiere verleitete ältere Naturforscher zu der Annahme, daß das höher entwickelte Thier während seiner Entwicklung selbst die einzelnen Formen niederer Thiere durchlaufe, auf seiner ersten Stufe also etwa einem Weichthiere, dann einem Gliederthiere, dann einem Fisch, einem Amphibium, einem Vogel gleiche und endlich erst die charakteristische Gestalt des Säugethieres annehme. Die ganze Thierreihe sollte so gewissermaaßen nur Hemmungsbildungen, d. h. unvollkommene Bildungsstufen des Säugethieres darstellen. Allein längst schon hat der Ausbau der Embryologie solchen Vorstellungen den Boden entzogen, und ob sich auch in den frühen Entwicklungsperioden näher verwandter Thiere manche Aehnlichkeiten auffinden lassen, ob die erste Embryonalanlage des Vogels auch die größte Aehnlichkeit hat mit der des Säugethieres, die Hauptclassen des Thierreichs sind schon von ihren ersten und zartesten Anfängen an weit von einander verschieden und die Unterabtheilungen werden es ebenso sein, nur daß wir hier in den ersten Stadien der Entwicklung die Differenz nicht mit gleicher Schärfe zu entdecken vermögen, wie in den spätern. Nur in aller Kürze wollen wir dies durch Mittheilung einiger Ergebnisse der embryologischen Forschung darzuthun versuchen. —

Vom ersten Anfang an different sind die Entwicklungserscheinungen der Wirbelthiere und der Wirbellosen. Niemals zeigt die erste Anlage des Körpers der letztern jene Primitivrinne, welche wir bei dem Hühnchen als die erste Anlage des zukünftigen Rückenmarkskanals kennen lernten; nur die Wirbelthiere sollten ja mit einer Wirbelsäule und einem Rückenmarkskanale versehen sein, die Wirbellosen bedurften deshalb auch nicht der Anlage desselben. — Die Wirbelthiere zerfallen in die vier Classen der Säugethiere, Vögel, Amphibien und Fische. Bei allen diesen zeigt sich in der ersten Entwicklung allerdings manche Aehnlichkeit, bei allen entwickeln sich z. B. die Primitivrinne, die Rückenplatten u. s. w. Dennoch aber existiren auch hier manche Verschiedenheiten, wenn sich dieselben zunächst auch weniger auf den Körper des Embryo selbst, als auf diejenigen Vorrichtungen erstrecken, welche dazu dienen, dem Aufbau desselben das erforderliche Material zu sichern, den Stoffwechsel in den zarten Gebilden einzuleiten und dieselben gegen gewisse Einflüsse zu schirmen. So bildet sich wohl bei Säugethieren, Vögeln und beschuppten Amphibien, nicht aber bei den nackten Amphibien und Fischen die oben erwähnte, dem Embryo zum Schutze dienende Eihaut (Amnion) und namentlich nicht der sog. Harnsack (die Allantoïs). Die Säugethiere ferner sind dadurch von allen andern Thieren verschieden, daß sich aus den durch den Furchungsproceß des Dotters gewonnenen Zellen nicht sofort der Embryo selbst, sondern zunächst eine den Dotter umhüllende und ihn später in gewisser Hinsicht ersetzende geschlossene Blase, die sog. Keimblase entwickelt. Erst auf dieser Keimblase entwickelt sich dann der neue Organismus. Bei der bedeutenden Kleinheit des Säugethiereies war diese Einrichtung nothwendig, wenn anders für die Bildung des neuen Organismus kein Mangel an Material eintreten sollte. Die Dottermasse genügt hier kaum für die allerersten Anlagen des Embryo; die Keimblase vermag aber auf endosmotischem Wege die nöthige Menge von Bildungssubstanz aus der Umgebung, in welcher sie eingebettet ist, aufzunehmen und sichert damit das Vorhandensein einer solchen für den zu bildenden Organismus so lange, bis eine anderweitige Zufuhr von Nahrungsmaterial (durch die Nabelgefäße) in's Werk gesetzt ist. Eine weitere Differenz zeigt sich darin, daß bei den meisten Fischen und nackten Amphibien die Bauch-

platten den ganzen Dotter umwachsen, während sich der Embryo bei den beschuppten Amphibien, den Vögeln und Säugethieren von demselben abschnürt. Die wirbellosen Thiere theilten wir ein in die vier Classen der Gliederthiere, Weichthiere, Strahlthiere und Infusorien. Auch hier wieder kommen, abgesehen von den letztern, die sich der Mehrzahl nach durch Keimkörner, Knospen oder Theilung fortpflanzen, Verschiedenheiten vor, Verschiedenheiten, welche oft fast eben so bedeutend sind, wie diejenigen zwischen den Wirbelthieren und Wirbellosen. Bei den Gliederthieren geht die Entwicklung des Körpers noch von einer beschränkten Stelle, einem sog. Primitivstreifen, aus, ähnlich wie bei den Wirbelthieren. Allein diese erste Embryonalanlage bildet keine Rinne, sie ist ferner nicht, wie bei jenen, die erste Anlage des Rückentheils des sich bildenden Organismus; es ist vielmehr die erste Anlage der Bauchseite, welche dem Dotter aufliegt. Von ihr aus wachsen zu beiden Seiten und nach unten hin, den Dotter umschließend, die in einzelne Segmente zerfallenden Körperwände, die endlich in der Medianlinie des Rückens verschmelzen, hervor; nach der entgegengesetzten Seite hin entwickeln sich aus einer Reihe von anfänglichen kleinen Wärzchen die einzelnen Anhänge der Segmente (die Fühlfäden, Freßwerkzeuge, Extremitäten u. s. w.). — Bei den Weichthieren machen die Kopffüßler eine wesentliche Ausnahme von den Uebrigen. Sie entwickeln sich wie die Vögel und Säugethiere, dem Dotter aufliegend und nach und nach sich von demselben abschnürend, unterscheiden sich also von den Gliederthieren wesentlich dadurch, daß sie den Dotter nicht umwachsen. Doch nirgends ist hier von einer Primitivrinne, der Anlage einer Rückgratshöhle, wie bei jenen erstern, die Rede. Bei Schnecken und andern Mollusken ist der Primitivtheil nicht, wie sonst, eine zusammenhängende Masse, sondern in eine Anzahl kleinerer Bildungsheerde zerfallen, die an verschiedenen Stellen des Keimes vertheilt sind und erst im Laufe der Entwicklung allmählig verschmelzen.*) Bei den Strahlthieren endlich (und so auch bei den meisten Würmern) ist die Entwicklung eine allseitige, d. h. der Embryo entsteht mit seiner ganzen Leibesoberfläche auf einmal. „Der Keim verliert seine ursprüngliche, sphärische Form; er

---

*) Vgl. Leuckart in Wagner's Handwörterbuch d. Physiologie. S. 934.

nimmt durch Abplattung oder Längsstreckung, wie es die spätern Verhältnisse verlangen, eine scheibenförmige oder cylindrische Gestalt an; die peripherische Keimschicht verwandelt sich in die Wandungen des Leibes, die centrale Keimmasse, die den Veränderungen der äußern Form gefolgt ist, in den Darmkanal — und ein neues Geschöpf hat seinen Ursprung genommen."

So differiren die Entwicklungsphasen bei den verschiedenen, aus Eiern hervorgehenden Thieren auf das Mannigfachste; den bestimmten spätern Bildungstypen entsprechen auch bestimmte Entwicklungsweisen. Jede Thiergattung wird nach einem besondern Bauplan gebildet und ein näherer Verfolg dieser vielfach verschiedenen Pläne lehrt uns nur zu leicht, wie unrichtig es sein würde, bei allen Thieren, die sich aus Eiern entwickeln, einen gleichartigen Entwicklungsgang anzunehmen. —

Wir haben damit die verschiedenen Fortpflanzungs- und Vermehrungsarten im Thierreich, und zugleich im oberflächlichen Abriß die wunderbare Entwicklung des höhern Wirbelthieres angedeutet. Aus Eiern einerseits, aus Keimzellen, Knospen oder Theilhälften andrerseits gehen ständig neue Generationen von Thieren hervor; jene Art der Vermehrung finden wir bei den Wirbelthieren als die einzige, bei den Wirbellosen als die vorherrschende, dieser begegnen wir bei vielen Wirbellosen bis zu den Gliederthieren hinauf, bei den Infusorien als der ausschließlichen. Dürfen wir es schon wagen, nach dem Zwecke dieser verschiedenen Einrichtungen zu fragen? — Bei einem Blick auf die verschiedenartigen Thierformen kann es uns in der That nicht entgehen, daß die höher entwickelten auch durchgehends die dauerhaftesten, die niedern dagegen die rasch vergänglichsten, von den äußern Verhältnissen abhängigsten sind. Es mußte deshalb auch bei den letztern vorzugsweise für eine möglichst reiche Nachkommenschaft gesorgt werden, wenn anders ihre Existenz für den Naturhaushalt eine nothwendige war, und in der That sehen wir auch die Nachkommenschaft immer zahlreicher, die Fruchtbarkeit immer größer werden, je weiter wir in der Thierreihe hinabsteigen. Während unter den Säugethieren mehre jährlich nur ein Junges, der Elephant selbst nur alle drei bis vier Jahre ein solches producirt, beträgt die geringste Zahl der Eier, die ein Vogel legt, al-

jährlich zwei (beim Condor), steigt aber schon über hundert in derselben Zeit bei dem Haushuhn. Während bei den Amphibien die Zahl der Jungen oder der Eier jährlich selten weniger als sechs beträgt, sich bei dem Frosch aber schon auf 2500—3800 Eier beläuft, giebt es Fische, die 3 Millionen Eier produciren, und bei wenigen eierlegenden Fischen möchte sich die Zahl derselben unter zweihundert belaufen. Der Seidenschmetterling legt jährlich 300—400 Eier, der Flußkrebs 200, die Honigbiene 6—10,000; die Gartenschnecke 30—70, die Auster dagegen etwa 1 Million. Unter den Würmern und Strahlthieren finden wir ebenfalls viele mit einer Million jährlich producirter Eier und fragen wir endlich nach den Infusorien, so wissen wir schon, daß sich die Nachkommenschaft eines einzigen in wenigen Tagen auf Billionen belaufen kann. *) So lange es irgend mit den Anforderungen des Naturhaushaltes verträglich war, hielt die Natur an der Fortpflanzung durch Eier fest, ja sie vertheilte selbst die zur Entstehung eines neuen Organismus erforderlichen Bedingungen auf zwei Individuen, um, wie Bergmann (a. a. O.) vermuthet, durch Verbindung von Paaren nach freier Wahl der Ausartung der Individuen vorzubeugen; sobald jedoch jene Anforderungen die Leistungsfähigkeit der Individuen übertrafen, griff sie zu neuen Vermehrungsarten, vereinigte zunächst beide Geschlechter in einem Individuum (bei den sog. Hermaphroditen), und wählte endlich die ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Keimzellen, Knospen oder Theilung als das dem Zweck entsprechende Mittel. Mit großem Rechte hebt Leuckart in seinen trefflichen Arbeiten es hervor, daß die ungeschlechtliche Fortpflanzung weniger materielle Ansprüche macht, als die geschlechtliche, daß sich mit ihr also auch der Vortheil einer größern Nachkommenschaft verbindet. Fügen wir noch hinzu, daß durch sie gleichzeitig in kürzerer Frist einem neuem Wesen das Dasein gegeben wird. So wenig erkannt auch Manches in dieser Beziehung noch sein mag, es scheint, daß ein Zweck der verschiedenen Vermehrungsarten dennoch klar ist.

Noch augenfälliger tritt uns dieses Verhältniß entgegen, wenn wir

---

*) Vgl. die Zahlenangaben von Leuckart, a. a. O. in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. S. 710.

erfahren, daß es Thiere giebt, in welchen beide Vermehrungsarten verbunden sind, so daß sich eine Generation durch Eier, die nächstfolgende durch Keimzellen oder Knospen, und die dritte oder vierte erst wieder durch Eier fortpflanzt, oder wenn wir hören, daß Thiere, bevor sie zur Geschlechtsreife gelangen, gewisse Metamorphosen durchlaufen, wie wir sie an den Insekten kennen. In beiden Fällen genügte das in der Mutter zum Aufbau einer hinreichenden Anzahl neuer Organismen disponible Material nicht, um diese Organismen zu einer, eine Geschlechtsreife bedingenden Entwicklung hinzuführen. Sie mußten, um dahin zu gelangen, erst Zwischenstufen, die oftmals noch zur Vermehrung der Individuen dienen konnten, im Allgemeinen aber nur der weitern Ausbildung des jungen Thieres gelten sollten, durchlaufen, und solche Zwischenstufen erkennen wir in den angegebenen Metamorphosen oder Entwicklungskreisen einzelner Thierformen.

Fassen wir diese letztern einen Augenblick näher in's Auge, so haben wir diejenigen interessanten Erscheinungen vor uns, welche man unter der Bezeichnung des Generationswechsels zusammengefaßt hat, Erscheinungen, deren genaue Erkenntniß lediglich eine Errungenschaft der letzten Decennien ist, und deren Gesetzmäßigkeit uns zuerst von dem dänischen Naturforscher Steenstrup in einer Schrift „Ueber den Generationswechsel" im Jahre 1842 enthüllt wurde. Ihr Wesen besteht, wie schon angedeutet, im Allgemeinen darin, daß aus den Eiern gewisser Thiere eine Brut hervorgeht, welche sich nicht wieder durch Eier, sondern durch Keimzellen oder Knospen vermehrt, und daß sich erst in den aus diesen letztern entwickelten Thierformen wieder Eier bilden, die den Großeltern ähnliche Geschöpfe hervorbringen. Und, wunderbar genug, beide Generationen sind dabei oft in Gestalt und allgemeinem Verhalten so verschieden, daß es nur zu leicht begreiflich ist, wie man sie früher für ganz verschiedene Thiere halten konnte. Ein Beispiel dieses Generationswechsels fanden wir schon oben (S. 22) bei den Medusen (Scheibenquallen), aus deren Eiern nicht wieder Medusen, sondern Polypen hervorgingen, die nun wieder nicht Polypen, sondern Medusen hervorbrachten, und zwar nicht durch Eier, sondern durch Knospen. Das Großkind erst gleicht hier also der Großmutter, zwischen beiden existirt ein ganz andres Geschöpf, dem man bezeichnend

in diesem Falle den Namen der „Amme" gegeben hat. — Ein andres Beispiel liefern die Blattläuse. Diese Thiere erlangen nur in der Herbstzeit eine derartige Geschlechtsreife, daß sie Eier legen, nur in dieser Zeit findet sich eine Generation männlicher und weiblicher Individuen beisammen. Die von letztern gelegten Eier überwintern. Aus ihnen geht dann aber eine Brut hervor, die keine Geschlechtsreife erreicht, die sich vielmehr durch Keimkörner fortpflanzt, also lebendige Junge gebiert (s. o.); dieser Brut folgen im Laufe des Sommers viele ähnliche, eine Generation folgt der andern, bis endlich bei einer Brut in den Herbstmonaten die Geschlechtsreife wieder eintritt. — Ein noch merkwürdigeres Beispiel bieten die Bandwürmer dar, über deren wunderbaren Entwicklungskreis uns neuerdings die unermüdlichen Forschungen Küchenmeister's die interessantesten Aufschlüsse gegeben haben. Aus den in den hermaphroditischen sog. Gliedern der Bandwurmkette entstehenden Eiern gehen zunächst polypenförmige Larven hervor. Diese verlassen, stets noch von der Eihülle umgeben, den Darm ihrer Wohnthiere, verweilen längere oder kürzere Zeit im Freien, gehen von dort aber mit Nahrungsmitteln oder Trinkwasser in den Körper andrer Thiere (namentlich niederer Thiere, aber auch der Ratten, Haasen, Kaninchen, Schweine u. s. w.) über. In dem Darmkanal dieser angelangt, schlüpfen sie aus ihren Eihüllen aus, bohren sich bald nach dieser, bald nach jener Richtung durch die Darmwände hindurch, um sich endlich in irgend einem Organe festzusetzen und hier mit einer Hülle (Cyste) umgeben zu werden. Jetzt erleidet die Larve eine Metamorphose, und das Resultat derselben ist das, daß sich aus ihr eine andre Larve oder Finne, eine Larve, die ganz dem sog. Kopfe des Bandwurms gleicht und ihn auch in der That zu bilden bestimmt ist, entwickelt. Werden diese Larven nun mit dem Fleische des Wohnthieres verschluckt und finden sie, was meistens nur bei den höhern Wirbelthieren der Fall ist, einen ihrer Entwicklung günstigen Boden, so beginnt eine neue Phase des Entwicklungskreises. Die Finne nämlich, ihrer Umhüllung entkleidet, zeugt eine Brut; nicht aber durch Eier oder durch Keimzellen, sondern durch Knospen. An dem hintern Theile ihres Körpers bildet sich eine Abschnürung nach der andern, und alle diese Abschnürungen, diese Knospen entwickeln sich zu besondern Individuen; sie sind es, die,

mit einander in Verbindung bleibend, eine wahre Thiercolonie, die sog. Bandwurmkette, darstellen; ihre gemeinsame Mutter (Amme) ist die frühere Finne, der sog. Kopf des Wurmes. Und was die Amme nicht erreichte, erreichen jetzt sie, in einem jeden Gliede der Kette entwickeln sich Eier. Von ihnen aus nimmt der Entwicklungskreis von Neuem seinen Anfang. Trotz der großen Anzahl von Eiern, die die vielen Individuen eines einzigen Bandwurms erzeugen, werden verhältnißmäßig immer nur wenige den Entwicklungskreis vollenden, da sie sobald sie das Wohnthier verlassen haben, zu vielen Gefahren ausgesetzt sind und ihre Weiterentwicklung von zu vielen Zufälligkeiten abhängt, als daß nicht immer eine große Anzahl untergehen müßte; durch die Zuhülfenahme einer Metamorphose und einer ungeschlechtlichen Vermehrung, einer Knospung, ist aber dennoch die Existenz sicher gestellt, beide wirken auf die Produktion zahlloser Nachkommenschaften hin. —

Wesen und Bedeutung des Generationswechsels werden darnach einem Jeden verständlich sein. Bietet sich uns in der Metamorphose der Insekten aber nicht ganz etwas Aehnliches dar? In der That läßt sich in den verschiedenen Entwicklungsstufen des eierlegenden Insekts vom Eie zur Raupe, von der Raupe zur Puppe, von der Puppe zum Insekt ebenfalls oft kein andrer Zweck erkennen, als der, das aus dem Eie entstandene Geschöpf zu noch immer höherer Entwicklung und schließlich zu einer zur Produktion vieler Eier genügenden Geschlechtsreife hinzuführen. Der Vorgang der „Metamorphose" unterscheidet sich nur dadurch von dem Generationswechsel, daß, was dort an demselben Individuum zur Ausführung kommt, bei dem letztern nur durch mehre und oftmals ganz verschiedene Generationen erreicht wird.

So hat die Natur überall den Anforderungen des Naturhaushaltes in reichstem Maaße zu genügen gesucht. Zwar nicht vor Feststellung einer Masse von einzelnen Thatsachen darf die Naturforschung zu allgemeinern Abstractionen übergehen; aber dennoch ist es wohl erlaubt nach Einsammlung auch einiger solcher Thatsachen den Versuch einer Ergründung des tiefern Zusammenhangs des Geschehens zu wagen, und ein solcher Versuch verleiht dem Studium der Vermehrungs- und Entwicklungsarten der Thiere einen so besondern Reiz, daß wir auch hier derjenigen Anschauungen zu gedenken nicht unterlassen konnten, welche

in neuerer Zeit von den Führern der Wissenschaft auf diesem Gebiete mit so vielem Glücke errungen sind.

Was wir aber im Vorstehenden in Betreff der Entwicklung des thierischen Organismus selbst mitgetheilt haben, wird in gleicher Weise, wie früher eine flüchtige Skizze des Entwicklungsganges unseres Erdkörpers den gesammten Betrachtungen des organischen Geschehens der Gegenwart, so unsern folgenden Betrachtungen des thierischen Lebens eine Grundlage sein. Wir wollen untersuchen, zu welchen Formen sich die einzelnen Theile des zarten Keimes weiterhin entwickeln, welchen Zwecken zu dienen sie bestimmt sind. Mit dem Gedanken der innigsten Verschlingung und des untrennbarsten Zusammenhanges all' dieser Theile hat uns unwillkürlich die obige Skizze schon vertraut gemacht, und je weiter wir in der Erkenntniß der Lebenserscheinungen des vollendeten Organismus vorschreiten, um so mehr werden wir nur von dem steten Fortbestande dieser engsten Verkettung überzeugt. Halten wir das im Gedächtniß, wenn uns die Fülle des Materials nöthigt, in unserer folgenden Darstellung zu trennen, was die Natur untrennbar zusammengefügt hat. —

im äußeren Bild nur den Gestalten der Wissenschaft auf diesem Gebiete wie sie etliche Punkte erzeugte fand.

Was weit aber das Vorhergehende in Betreff der Entwickelung des thierischen Organismus schon dargestellt haben, wird in gleicher Weise, wie früher eine künftige Folge des Entwickelungsganges unsere Erörterung den gesammten Betrachtungen des organischen Lebens der Naturwelt, so unsere folgenden Betrachtungen des thierischen Lebens als Grundlage sein. Wir wollen untersuchen, zu welchen Formen sich die einzelnen Theile des ganzen Keimes entwickeln, welchen Zwecken zu dienen sie bestimmt sind. Mit dem Gedanken der künftigen Vervollkommnung wird das unterscheidende Entwickelungsgesetz auf dieser Stufe hat und unmittelbar die obige Frage schon beantwortet gemacht, und so weiter, wie in der Erforschung der Gesetze Bestimmungen des bedeutenden Organismus vorschreiten, und so mehr werden wir uns von dem steten Fortschreiten dieser großen Entwicklung überzeugen. Halten wir uns im Wesentlichen, woran und in Folge des Verständniß möglich, um unsere folgenden Darstellung zu trennen, was die Natur miteinander zu vereinen gefügt hat.

Der innere Bau und das Leben des Thieres.

I. Bau und Verrichtungen der Apparate des animalen Lebens.

Zehnter Vortrag.

Der Bau und die wesentlichsten Verrichtungen des Nervensystems.

Schon in den frühesten Stadien der Entwicklung des höhern thierischen Organismus sahen wir die für seinen Aufbau bestimmten Zellen sich ohne Einbuße ihres gemeinsamen Verbandes in enger zusammengehörige Gruppen sondern: in das sog. vegetative, das Gefäß- und das animale Blatt. In Folge ständiger Zellenvermehrung und fortschreitender Differenziirung der urspünglich gleichartigen Elementarbestandtheile entwickelten sich von jedem dieser Blätter aus wieder enger zusammengehörige Zellencomplexe: die einzelnen Organe des Thierkörpers. Das Wachsthum derselben schreitet fort und fort; und haben sie endlich einen bestimmten Grad der Ausbildung erreicht, so beginnt das selbständige Leben. Vermöge des engen Verbandes und des harmonischen Zusammenwirkens seiner einzelnen Theile ist der Organismus jetzt fähig, den Angriffen der Außenwelt Stand zu halten und dasjenige zu leisten, wozu er zunächst bestimmt ist. Ein Theil jener Zellencomplexe oder Organe dient jetzt der Aufnahme von Nahrungsmitteln, der ersten Metamorphose derselben, der Zubereitung des Nahrungssaftes, der Fortbewegung und Verbreitung desselben durch alle Theile des Organismus, so wie endlich der Ausscheidung des für die Oeconomie Unbrauchbaren; — es entwickelten sich diese Organe aus dem vegetativen und dem Gefäßblatt, und wir bezeichnen sie als die Organe des vegetativen Lebens. Eine andere Anzahl vermittelt diejenigen Lebenserscheinungen, welche uns bei dem ersten Blick auf die dem unbewaffneten Auge sichtbare Thierwelt als die auffallendsten entgegentreten und welche wir im vorhergehenden Vortrage als für dieselbe charakteristisch bezeichneten; — es entwickelten sich diese Organe aus

dem animalen Blatt und man faßt sie unter dem Ausdruck der Organe des animalen Lebens zusammen. Es gehören hierher die Knochen, die Muskeln, die Haut, die Sinnesorgane und vor Allem das Nervensystem, Organe von denen sich zum größten Theil in der Pflanze auch nicht einmal eine Andeutung findet. —

Bei der engen Verkettung und gegenseitigen Abhängigkeit all' dieser einzelnen Organe ist es nicht leicht zu entscheiden, wohin man zunächst den Blick dessen wenden soll, der mit dem Bau und den Lebenserscheinungen des Thieres bekannt zu werden wünscht. Muß aber einmal und irgendwo der Anfang doch gemacht werden, so scheint es am zweckmäßigsten mit jenem Apparate zu beginnen, der das Thier recht eigentlich zum Thiere stempelt, der für den Bestand des thierischen Lebens eine insonderheit hohe Bedeutung besitzt, und dieser Apparat ist das Nervensystem. Selbst zwar abhängig in seiner Entwicklung und Erhaltung von der Thätigkeit der übrigen Organe, übt es dennoch auf die Functionen aller einen mehr oder weniger bestimmenden Einfluß aus; weder Aufnahme und Verdauung der Nahrungsmittel, noch Circulation des Nahrungssaftes, weder Respiration, noch Ausscheidung unbrauchbarer Stoffe würden ohne seine Mitwirkung erfolgen. Und nimmt es hier empfindend äußere oder innere Eindrücke auf, vermittelt es dort die Bewegung, ist es hier der die instinktiven Thätigkeiten vermittelnde Apparat, wird es dort zum Organe der geistigen Bewegungen, so ist es damit die Quelle der wesentlichsten Erscheinungen des Thierlebens, Gründe genug schon, um seiner Betrachtung den ersten Platz einzuräumen. — Wir übersehen es dabei nicht, daß die Dignität des Nervensystems gegenüber den übrigen Organen eine verschiedene ist, je nach der Aufgabe, welche das Thier als Lebensform überhaupt überkommen hat. Eine große Anzahl niederer Thiere hat scheinbar nur die Aufgabe, durch seinen Stoffwechsel dem Haushalt der Natur zu dienen; das Nervensystem dient hier nur dazu, die Thätigkeit der zu jenem Zweck erforderlichen Organe zu vermitteln, es spielt den letztern gegenüber, wenn nicht eine untergeordnete, doch keine hervorragende Rolle. Aber es beeinträchtigt das nicht unsre vorangestellte Bemerkung, und wenn wir überlegen, daß je höher wir in der Thierreihe hinaufsteigen, um so mehr auch das Thier zu ander-

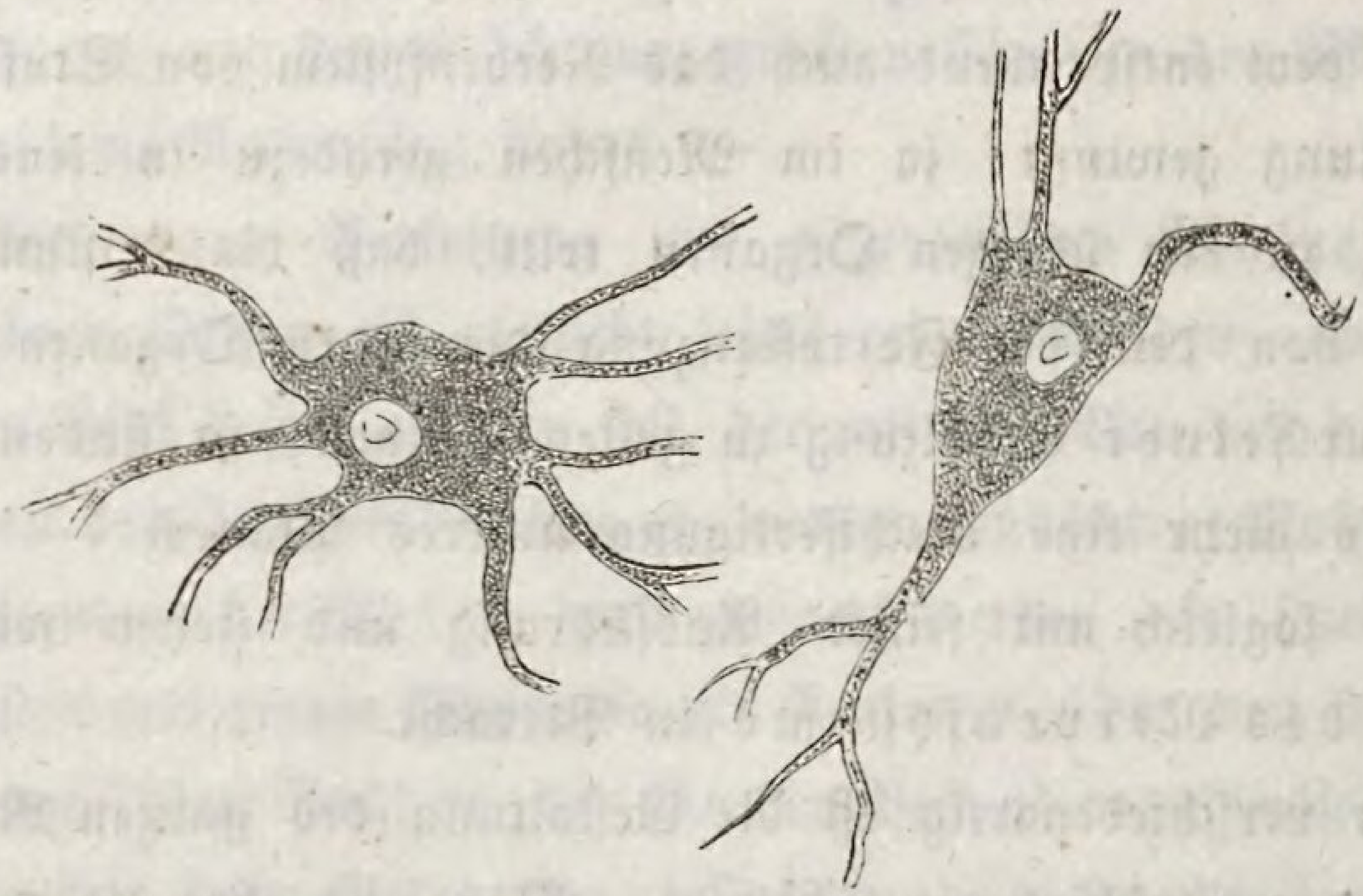
weitigen Leistungen befähigt ist, um so mehr sich das animale Leben dem vegetativen gegenüber entwickelt, bis endlich im Menschen das geistige Leben als der Hauptzweck seines ganzen Daseins erscheint, daß aber ganz dem entsprechend auch das Nervensystem von Stufe zu Stufe an Bedeutung gewinnt, ja im Menschen geradezu in eine derartige Beziehung zu den übrigen Organen tritt, daß die Leistungen dieser, abgesehen von den der Fortpflanzung dienenden Organen, gewissermaaßen nur seiner Erhaltung zu gelten scheinen, so finden wir darin nur um so mehr eine Rechtfertigung unseres Planes. — Beginnen wir denn sogleich mit seiner Ausführung und ziehen wir zunächst den Bau des Nervensystems in Betracht.

Sehr verschiedenartig ist die Gestaltung des ganzen Nervenapparates bei den verschiedenen Thieren. Was uns aber die gröbere anatomische Untersuchung hier als aus Gehirn, Rückenmark und mehr oder weniger starken Nervensträngen, dort als aus durch zarte Fäden verbundenen Knoten bestehend aufdeckt, lehrt uns das Microscop dennoch fast überall als aus gleichartigen Elementarbestandtheilen zusammengesetzt kennen, und bedingt die bald millionenfache, bald geringere Anzahl dieser hier die massigere, dort die zartere Form des ganzen Systems, so ist ihre verschiedene Vertheilung und Anhäufung hier die Ursache des Erscheinens einer grauen, dort des Erscheinens einer weißen Masse. Welches, so wollen wir zunächst fragen, sind diese Elementarbestandtheile?

Sehen wir ab von einigen weniger wesentlichen Formelementen, von einer gestaltlosen Körnchenmasse, von einzelnen Farbstoff enthaltenden Zellen, einzelnen Fettzellen u. s. w., abstrahiren wir ferner von den den Apparat nach allen Richtungen hin durchziehenden und seiner Ernährung dienenden Blutgefäßen, so reduciren sich die sämmtlichen übrigen Bestandtheile auf zwei elementare Gebilde: die sog. Nervenzellen oder Ganglienzellen oder Ganglienkugeln und die sog. Nervenröhren oder Nervenfasern. Jene (Fig. 108 a. f. S.) bestehen, ähnlich der einfachen Zelle, aus einer äußerst zarten, structurlosen Hülle, einem zähflüssigen, feinkörnigen Inhalt und einem in diesem ruhenden Kern, haben dabei eine bald mehr rundliche, bald länglichere, bald eckigere Gestalt, besitzen einen Durchmesser

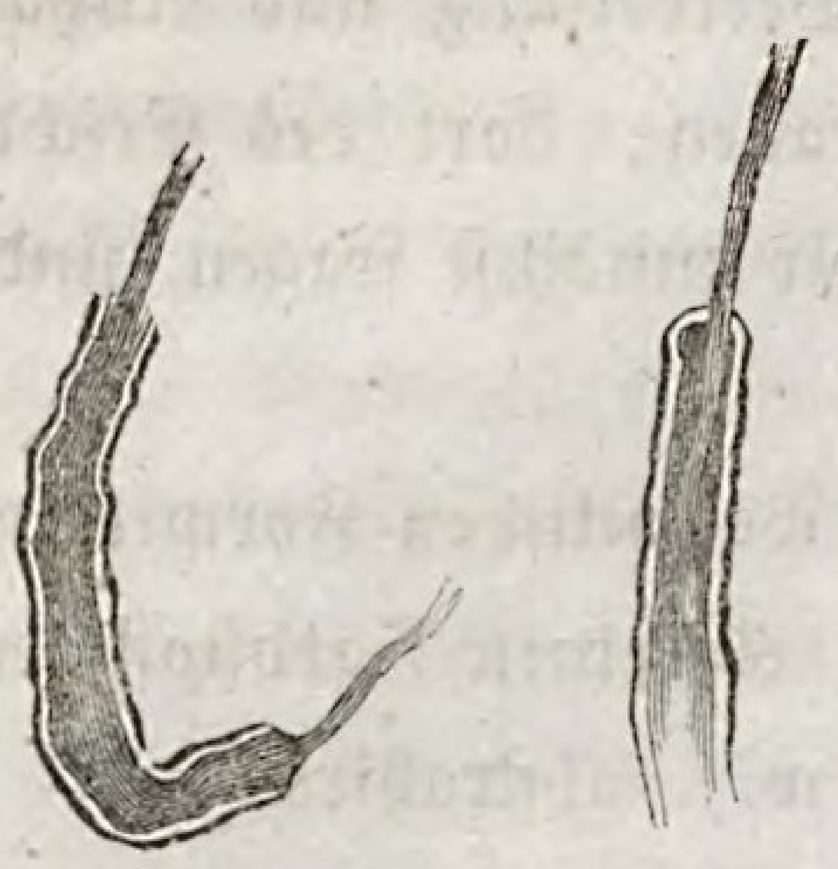
von 0,002—0,06 ''', *) und zeigen eine größere oder geringere Anzahl

Fig. 108. **)



sog. Fortsätze oder Ausläufer, eine Eigenthümlichkeit, welche zu der Unterscheidung von unipolaren, bipolaren und multipolaren Zellen (d. h. Zellen mit ein, zwei oder mehren Fortsätzen) Veranlassung gegeben hat. Diese, die Nervenröhren oder -Fasern, den zartesten Fäden vergleichbar (Fig. 109), bestehen aus einer Scheide oder Hülle und einem

Fig. 109. ***)



Inhalt, welcher im lebenden Nerven wahrscheinlich aus einem, aus fettigen und eiweißartigen Stoffen gemischten Fluidum besteht, bei der Mehrzahl der dem lebenden Körper entnommenen und unter dem Mikroscop betrachteten Fasern sich aber als aus zwei distincten Gebilden bestehend erkennen läßt. Das eine derselben ist

*) In dieser und ähnlichen spätern Angaben, so wie überhaupt in Betreff mikroscopisch-anatomischer Data, folge ich vorzugsweise Kölliker, dessen unübertroffene Werke „Mikroscopische Anatomie“ und „Handbuch der Gewebelehre“ keiner weiteren Empfehlung bedürfen. —

**) Multipolare Nervenzellen der grauen Gehirnsubstanz aus dem verlängerten Mark eines 20jährigen Menschen. Circa 200mal vergrößert. 0,022 ''' Durchm. Nach Ecker: Icon. physiol. Taf. XIV. Fig. 1.

***) Stücke von Nervenfasern aus dem Rückenmark des Menschen mit vor-

die, vorzugsweise aus Fett bestehende, die Hülle auskleidende sog. Markscheide; das andre der aus eiweißartiger Substanz bestehende fadenförmige und in der Axe der Faser liegende sog. Axencylinder oder Primitivfaden. Bei manchen in dieser Weise betrachteten Fasern vermißt man auch die Markscheide, und es hat dieser Umstand zu der Unterscheidung markhaltiger oder dunkelrandiger und markloser Fasern Veranlassung gegeben. Ob aber Markscheide und Axencylinder überhaupt als solche auch schon im lebenden Nerven existiren, ob sie nicht etwa nur als Producte einer raschen Zersetzung anzusehen sind, ist trotz vieler Controversen noch unentschieden. Die Fasern haben dabei ein helles, bald mehr, bald weniger glänzendes Aussehen, und ihr Durchmesser beläuft sich auf 0,0005 — 0,01 ''', so daß sie also eben so wenig, wie die Nervenzellen mit unbewaffnetem Auge erkannt werden können. —

Beide diese Elementargebilde liegen nun aber nicht etwa getrennt und ungeordnet neben einander, sie sind vielmehr mit einander verbunden und zwar der Art, daß die Faser sich entweder mit ihrem einem Ende einem Fortsatze einer Zelle verbindet, mit dem andern Ende aber frei in der Körpersubstanz verläuft, oder daß sie zwei Nervenzellen mit einander in Communication setzt. Der allseitig zweifellosen Darlegung dieser Verhältnisse stellen sich allerdings die unendlichsten Schwierigkeiten entgegen und keineswegs ist die Untersuchung schon zu einem befriedigendem Abschluß gebracht. Was aber für viele Theile des Nervensystems thatsächlich erwiesen ist, hat aller Wahrscheinlichkeit nach auch für alle übrigen Geltung und mit großer Sicherheit ist anzunehmen, daß in der angedeuteten Verbindung von Fasern und Zellen das Princip ausgesprochen liegt, nach welchem das Nervensystem aufgebaut ist und vermittelst dessen die wunderbaren Erscheinungen zu Stande kommen, welche wir als von ihm ausgehend kennen lernen werden. — Wenn das Nervensystem Empfindung und Bewegung vermittelt, so werden wir, Alles zusammengefaßt, zu der Vorstellung hingedrängt, daß die Zellen, als Centralpunkte, die eigentlichen Vermittler der Em-

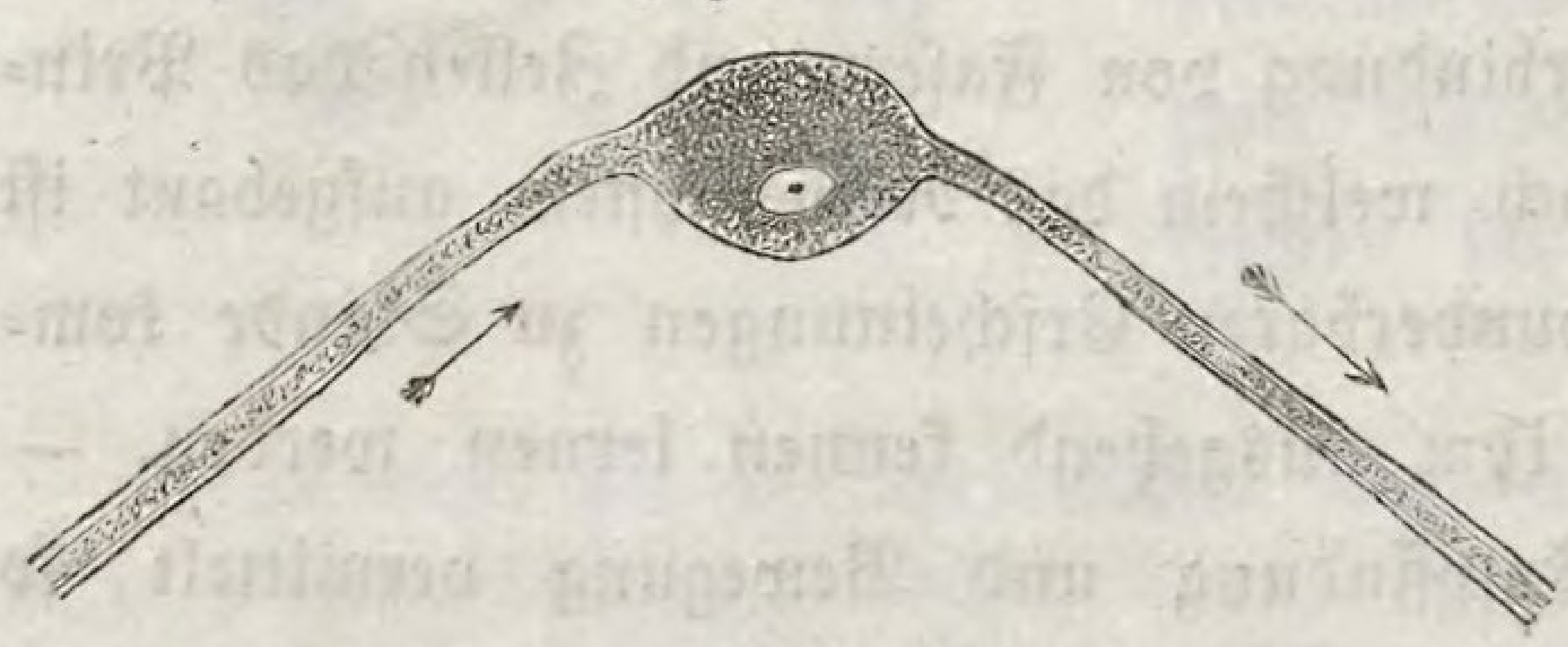
---

stehendem deutlichen Axencylinder. 300 mal vergrößert. (Ecker: Icon. physiol. Taf. XIV).

pfindung oder Bewegung sind, die Fasern aber nur dazu dienen, gleich den Drähten eines electro-magnetischen Apparates, entweder einen irgendwo auf den Organismus ausgeübten Eindruck nach dem Centraltheile fortzuleiten oder die Anregung zu einer Bewegung auf irgend einen Theil des Körpers zu übertragen, oder endlich die Zellen selbst unter sich in Verbindung zu setzen. Es kann dabei möglicherweise ein und dieselbe Nervenfaser sowohl in centripetaler, als centrifugaler Richtung leiten, und bei den niedern Thieren mag es sich vielleicht in der That so verhalten. Bei den höher entwickelten Thieren ist es aber, wenigstens hinsichtlich der sich in der Peripherie des Körpers ausbreitenden Fasern, nicht so. Mit aller Bestimmtheit ist es für diese durch Experimente festgestellt, daß, obschon sie anatomisch und chemisch ohne Unterschied sind, sie im lebenden Körper dennoch zum Theil nur in diesem, zum Theil nur in jenem Sinne leiten, zum Theil nur Empfindung, zum Theil nur Bewegung vermitteln, eine physiologische Thatsache, welche zu der Unterscheidung sog. sensibler oder sensorischer (centripetaler) und motorischer (centrifugaler) Fasern geführt hat und welche für die Fortführung der die anatomischen Verhältnisse betreffenden Untersuchungen eine leitende Bedeutung besitzt.

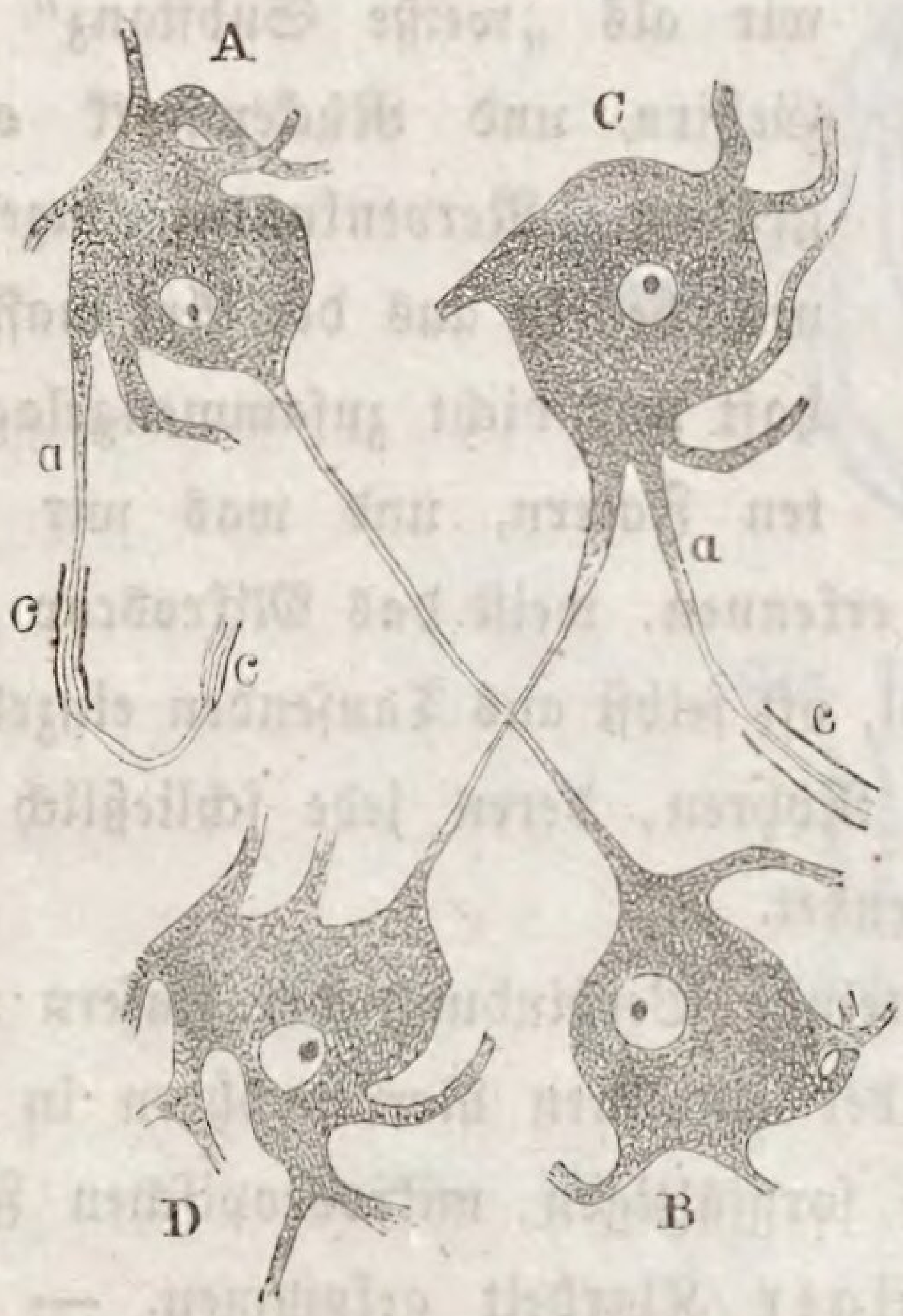
Der einfachste nervöse Apparat läßt sich nach dieser Darstellung als aus einer bipolaren Ganglienzelle und zwei Nervenröhren, deren eine in centripetaler, deren andre in centrifugaler Richtung leitet, bestehend denken, ein Apparat, den uns die beistehende schematische Figur (s. Fig. 110) veranschaulichen mag. Weniger einfach schon wird derselbe, wenn wir statt der bipolaren Ganglienzelle eine multipolare wählen, und ihr drei, vier oder mehre Nerven verbinden; complicirter noch, wenn wir der einen Ganglienzelle eine zweite hinzufügen und beide, unter sich durch eine Faser verbunden, ihre zwei, drei oder mehre Nerven aufnehmen lassen. Stellen wir uns aber vor, daß Tausende und wieder Tausende solcher complicirter elementarer Apparate mit einander verbunden sind, so gelangen

Fig. 110.



wir damit zu dem Begriff von der feinern Zusammensetzung des Nervensystems des höher entwickelten Thieres und müssen uns denken, daß es die wunderbare Ineinanderfügung und das harmonische Zusammenwirken jener einzelnen Elementarapparate ist, durch welches der gesammte Apparat zu seinen Functionen befähigt wird (Fig. 111). Es ist dabei meistens und insonderheit bei den Wirbelthieren die Einrichtung getroffen, daß die Nervenzellen, eingebettet und eng zusammengehalten durch ein Lager feinen Bindegewebes, zu größern Massen zusammengedrängt sind; so werden z. B. die sog. graue Substanz des Gehirns und Rückenmarks oder auch die sog. Ganglien (Nervenknoten) niederer Thiere, fast ganz aus zusammengehäuften Nervenzellen gebildet, eine Einrichtung, welche die Bezeichnung dieser Theile als „Centraltheile des Nervensystems" vollkommen rechtfertigt. Wo sich aber eine solche Anhäufung von Zellen findet, sind auch die Fasern in der Regel, anfangs jene umhüllend oder einseitig bedeckend, massenhaft angehäuft. Ueberall fügen sich dann die letzteren nach und nach zu einzelnen Bündeln, in denen jede Faser ihre Selbständigkeit bewahrt, zusammen, lösen sich von den Central-

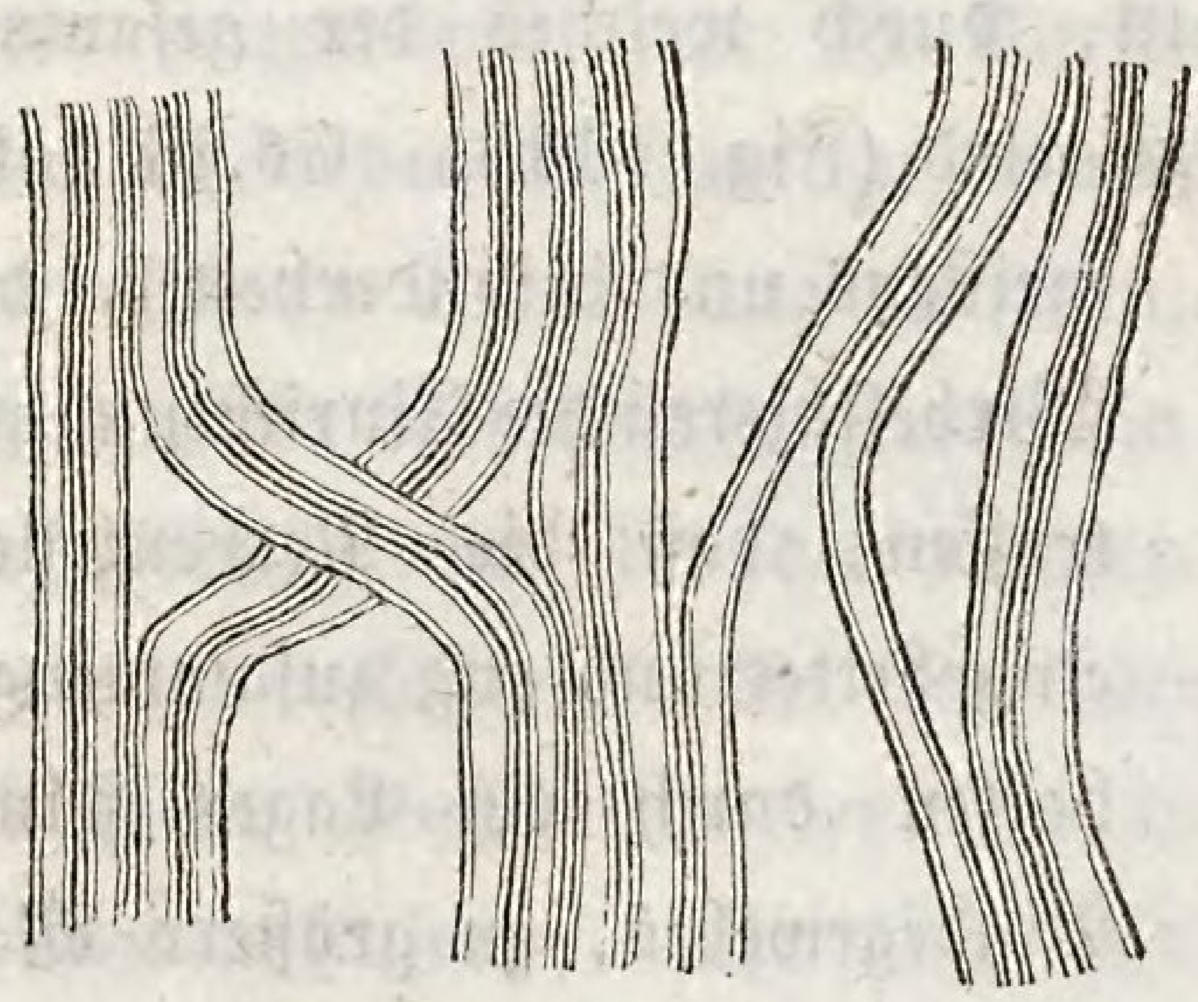
Fig. 111. *)



*) Eine Gruppe von Ganglienzellen aus dem electrischen Lappen des Zitterrochen, nach R. Wagner (Ecker: Icon. physiol. Tab. XIV.). Circa 160mal vergrößert. Jede Zelle enthält einen Kern mit einem Kernkörperchen. Die Ganglienzellen A und B, so wie C und D hängen durch seilartig gespannte, fein granulirte Fäden, welche aus den Ganglienzellen mit breiter Basis entspringen, zusammen. Von den Zellen A und C entspringen außerdem von jeder ein fadenförmiger Fortsatz (a, a), welcher zum Achsencylinder einer Nervenfaser wird, von welcher bei c, c, c noch Fragmente sichtbar sind. —

theilen ab, zerfallen, gegen die Peripherie hin verlaufend, in immer kleinere, oft netzförmige Verbindungen (Fig. 112) eingehende Bündel,

Fig. 112.



um schließlich in die einzelnen Fasern aufgelöst, den Organismus hier oder dort, im Ganzen aber überall zu durchweben. Was wir als „weiße Substanz" an Gehirn und Rückenmark oder größern Nervenknoten bezeichnen, besteht aus der Art massenhaft und dicht zusammengelagerten Fasern, und was wir als Nerv im Körper mit bloßen Augen erkennen, weist das Mikroscop als immer noch aus einer großen Anzahl, oft selbst aus Tausenden einzelner Nervenröhren zusammengesetzt nach, Röhren, deren jede schließlich irgendwo, getrennt von den übrigen, endet.

Ueber die schwierig zu ermittelnde Verbindung der Fasern und Zellen, so wie über die Endigung der einzelnen Nervenröhren in der Peripherie, ist man erst durch die sorgfältigen, mikroscopischen Forschungen der neuern Zeit zu einiger Klarheit gekommen. — Im ersteren Falle werden die Fasern gegen die Zelle zu durchsichtiger, verlieren scheinbar ihren Inhalt, fließen mit den oben bezeichneten Fortsätzen der Zellen, die hie und da vielleicht nur als die centralen Enden der Fasern zu betrachten sind, zusammen und setzen sich so unmittelbar in die zarte Membran oder Hülle der Zelle fort. Was dagegen die letzteren betrifft, so finden sehr verschiedene Verhältnisse Statt. Entweder enden nämlich — und das ist meistens der Fall — die Fasern unter allmähligem Schwunde ihres Inhaltes, als sog. marklose Fasern, durchaus frei in dem Organe, für welches sie bestimmt sind, — ein Punkt, der jedoch noch immer weiterer Untersuchung bedarf, da man selten oder kaum die Fasern bis zum äußersten Ende zu verfolgen vermag —, oder sie theilen sich kurz vor ihrer Endigung in eine Anzahl von drei, sechs bis zwölf büschelförmig auslaufender Aeste (Fig. 113 a. f. S.), deren jeder sich dann weiter verästelt (Fig. 114 a. f. S.), oder endlich sind sie an ihrem Ende mit besondern Vorrichtungen ver-

sehen, mittelst welcher sie Eindrücke verschiedener Art empfangen. Als

Fig. 113. *)

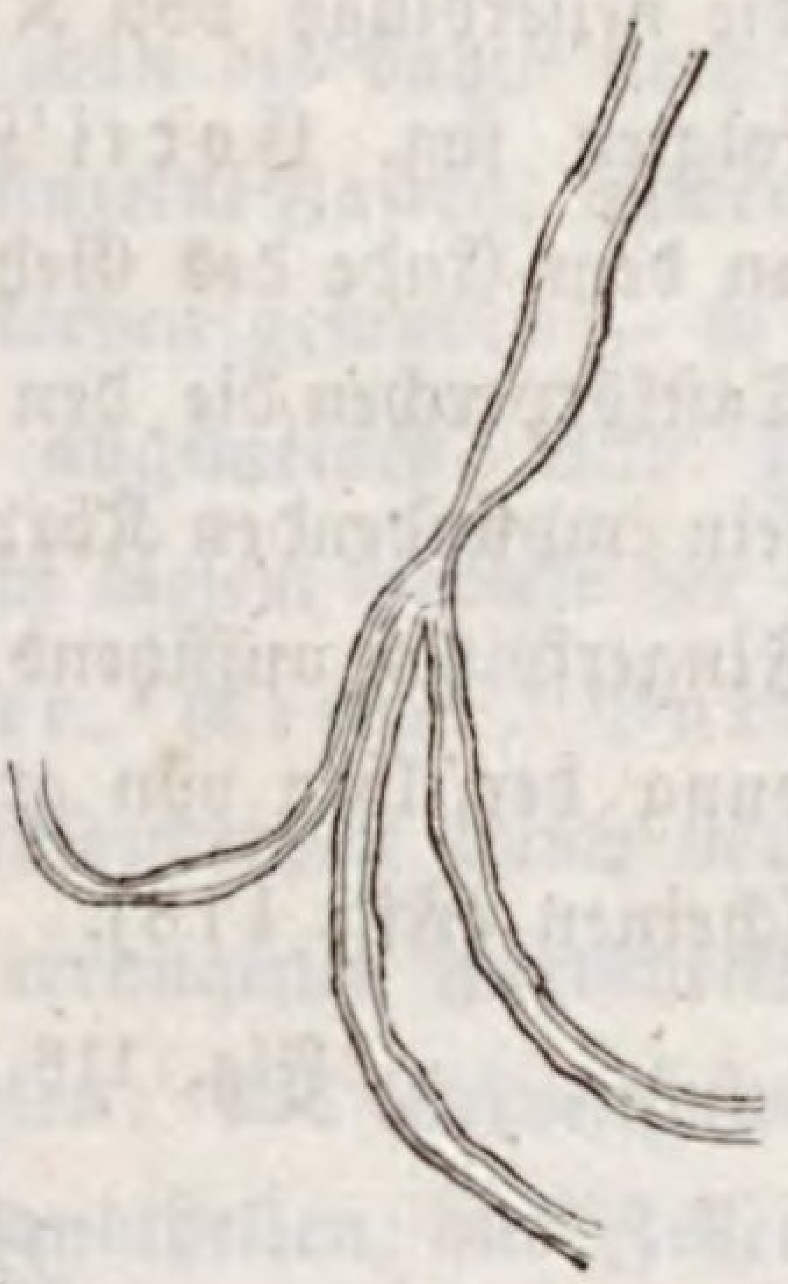
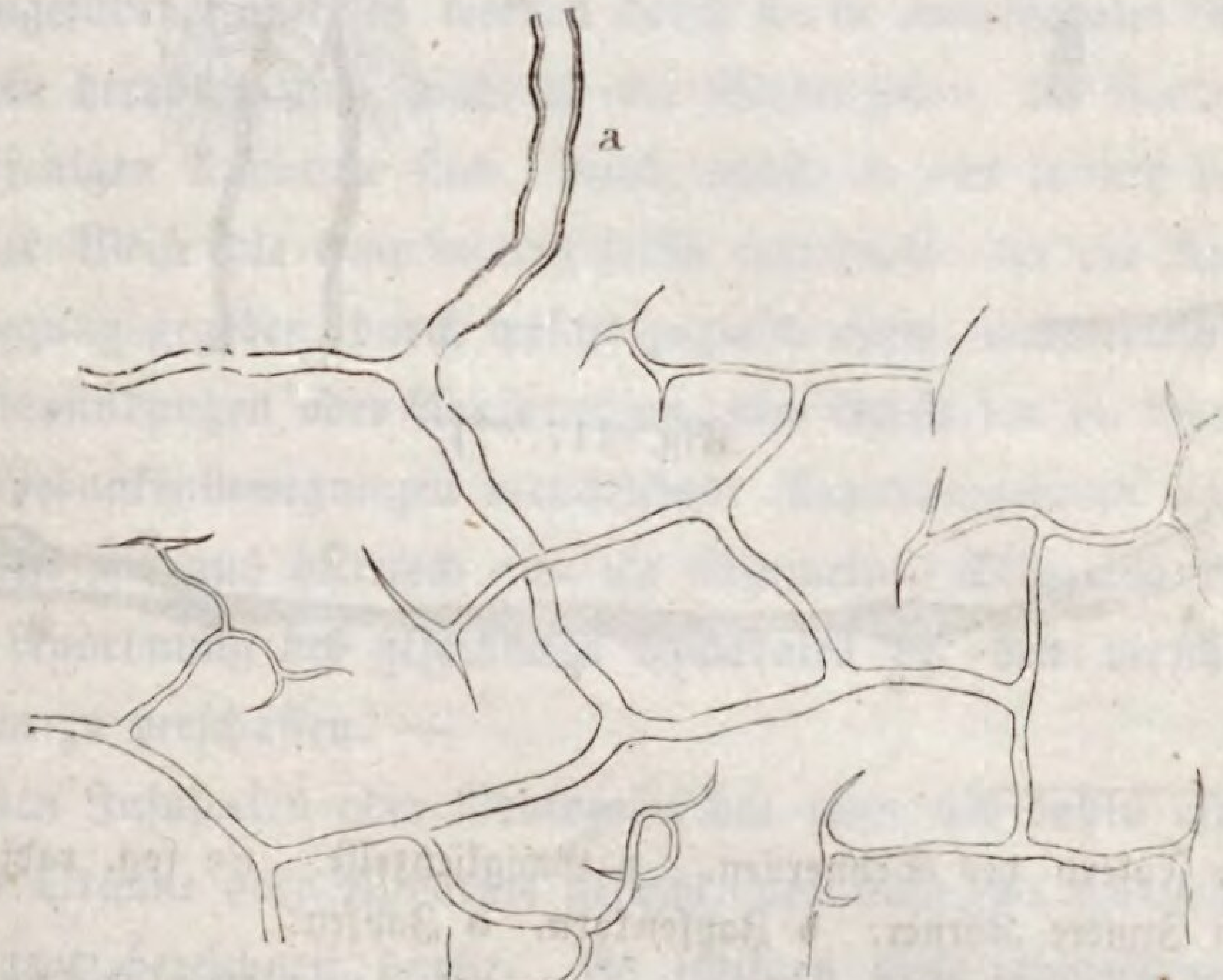


Fig. 114. **)



*) Dreifache Theilung einer Nervenfaser aus dem electrischen Organ des Zitterrochens nach Rudolph Wagner. (Ecker: Icon. physiol. Tab. XIII.)

**) Endausstrahlung und Verzweigung einer Nervenfaser (a) in einem Plättchen des electrischen Organs des Zitterrochen, nach R. Wagner (Ecker: Icon. physiol. Tab. XIII). Wo die Verzweigung beginnt, hören die doppelten Contouren der Faser auf, die Fasern werden bläs-ser und blässer und breiten sich endlich, ohne daß man Scheide und In-halt noch unterscheiden könnte, hirschgeweihartig aus. (E. 600m. vergr.)

solche Vorrichtungen kennen wir besondere stäbchen- oder zapfenförmige Gebilde in der Nerven- oder Netzhaut des Auges (Fig. 115 und 116), die neuerdings von Koelliker so schön verfolgten sog. Corti'schen Zähne (Fig. 117) an dem Ende des Gehörnerven und jene sog. Tastkörperchen, die den Nervenröhrenenden an fein empfindenden Körpertheilen, z. B. an den Fingerspitzen aufsitzend, für die feinere Empfindung derselben von großer Bedeutung zu sein scheinen (Fig. 118).

Fig. 115.*)

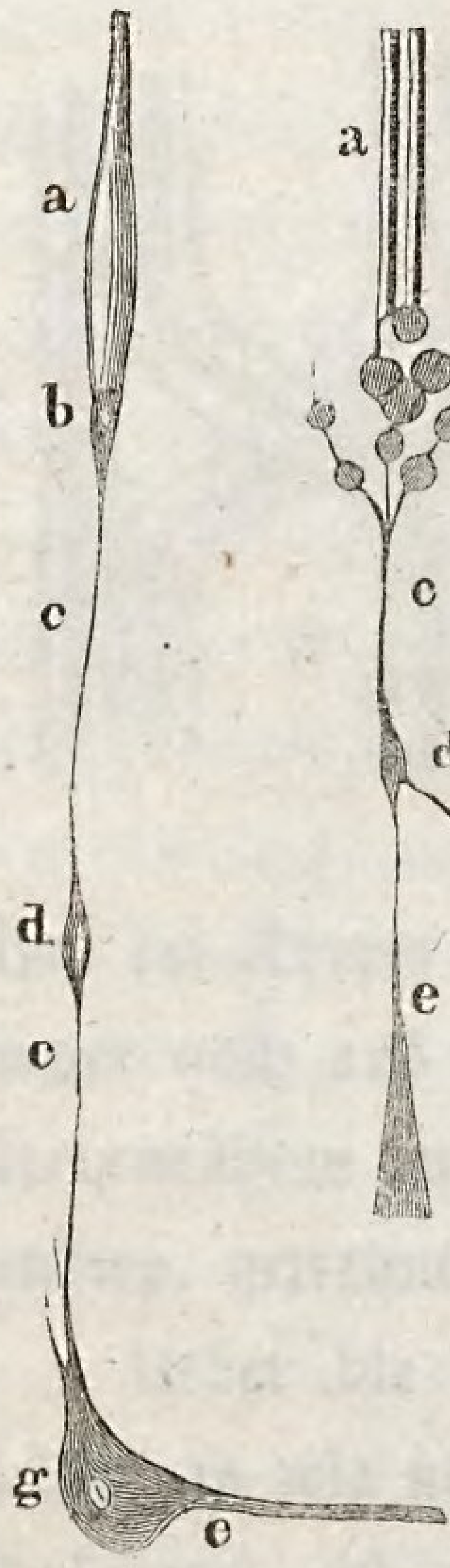


Fig. 116.**)

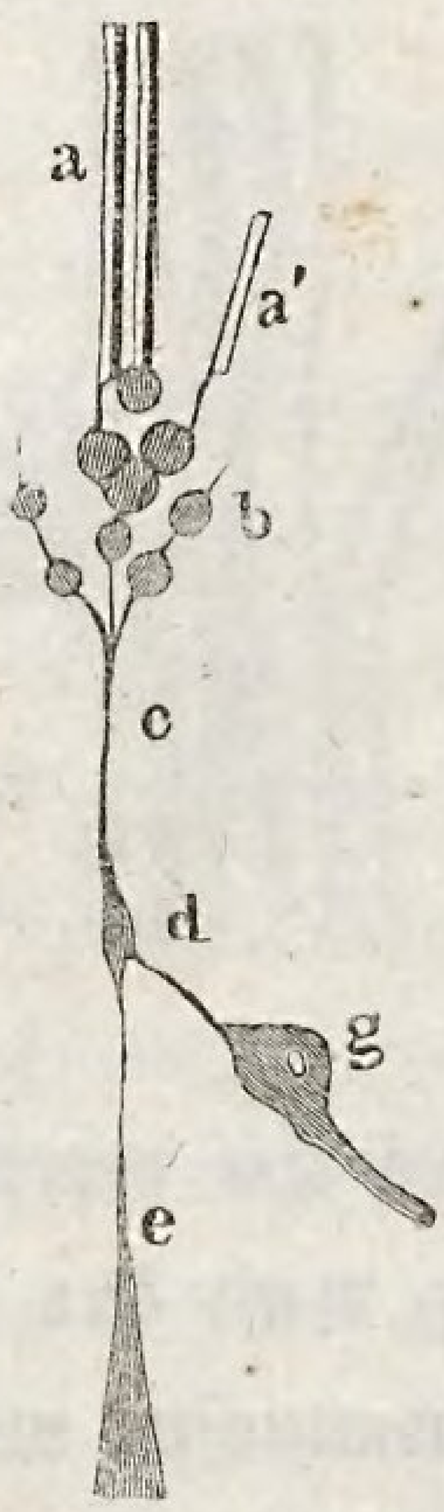


Fig. 118.†) a. f. S.

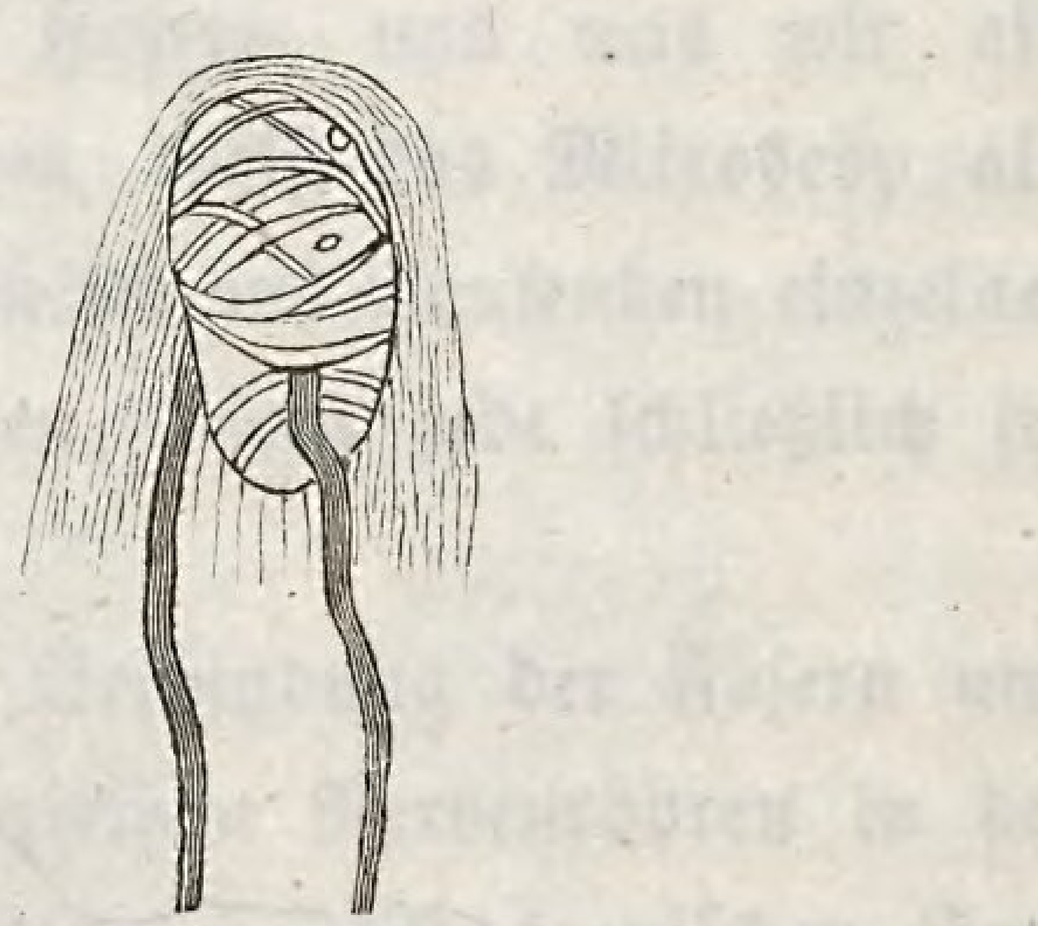
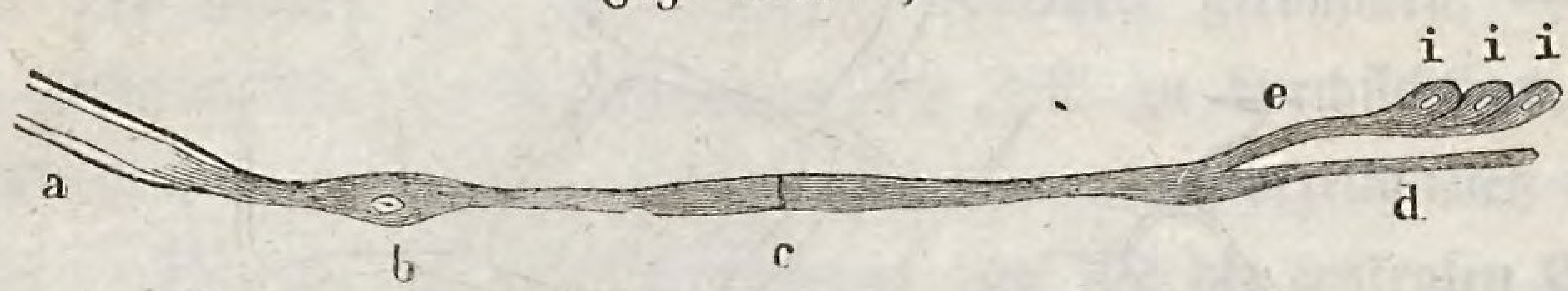


Fig. 117.***)



*) e Fasern des Sehnerven. g Ganglienzelle. c c sog. radiäre Fasern. d Innere Körner. b Zapfenkorn. a Zapfen.

**) Die radiäre Faser c ist unten mit einer dreieckigen Anschwellung versehen, die im Auge auf der Begränzungshaut des Glaskörpers steht. b Aeußere Körner. a Zwei Stäbchen. a' Rudiment eines Stäbchen. Dem innern Korn d verbindet sich eine Ganglienzelle (g), die wieder mit einer Faser des Sehnerven verbunden ist. (Beide Figuren nach Koelliker und H. Müller. Ecker: Icon. physiol. Tab. XIX. Circa 300—350 mal vergrößert.)

***) Endigung des Gehörnerven in der Schnecke eines Ochsen (nach Koelliker). a Dunkelrandige Faser des Gehörnerven, die sich in eine sog. Corti'sche Faser fortsetzt. b Bipolare Ganglienzelle, die in die Corti'sche Faser eingeschoben ist. c Stelle, wo diese Faser zwei durch eine zarte Furche getrennte Anschwellungen zeigt. d Vorderes Ende der

Finden sich aber die geschilderten Verhältnisse nun auch keineswegs überall so deutlich ausgesprochen, wie bei den Wirbelthieren, — bei den Quallen z. B. hat man bis dahin noch nicht überall deutliche Nervenzellen und distincte einzelne Fasern, sondern nur gröbere, scheinbar nicht weiter zerlegbare Nerven gefunden — so läßt sich dennoch nach dem Gesagten ein richtiges allgemeines Bild zusammensetzen, ein Bild, welches wir den auch auf diesem Gebiete der Forschung, und zwar durch Schwann, Koelliker, Remak, Purkinje, Meissner u. A. und neuerdings ganz insonderheit durch Rud. Wagner, Owsjannikow und Kupfer errungenen Fortschritten verdanken. Es besteht, um es kurz zu wiederholen, das Nervensystem wesentlich aus zwei verschiedenen Elementarbestandtheilen, aus Zellen und Röhren. Durch die Röhren werden den als Centralpunkten zu betrachtenden Zellen Empfindungen zugeführt, oder es werden durch sie in centrifugaler Richtung Bewegungen hervorgerufen, während die Nervenzellen, die Centraltheile selbst, diejenigen Apparate sind, durch welche in uns freilich durchaus räthselhafter Weise die Empfindung selbst vermittelt oder der Anstoß zu einer Bewegung gegeben, durch welche zugleich einer immateriellen Seele der ihre Empfindungen oder Aeußerungen, dem Geiste der die Vorstellungen oder Gedankenbewegungen vermittelnde Apparat geboten wird.

Suchen wir uns hiernach nun ein allgemeines Bild von der verschiedenen Anordnung des gesammten Apparates bei den verschiedenen Thierformen zu verschaffen. —

Bei den Infusorien oder Protozoën hat man bis dahin vergebens nach einem Organe oder Apparate gesucht, den man mit Sicherheit als Nervenapparat bezeichnen dürfte. Es scheinen diese einfachsten Thier-

---

Corti'schen Faser. e Starre, mit demselben verbundene Faser, welche vorn drei endständige unipolare Zellen (i i i) trägt. (Circa 350 mal vergrößert.)

†) Die Abbildung ist Funke's Lehrbuch der Physiologie 1855. S. 583 entnommen. Nach eigenen Beobachtungen muß ich die auch von Funke vertretene Meißner-Wagner'sche Ansicht für die richtigste halten, daß die zu den Hautwärzchen verlaufenden Nervenfasern in ein bläschenförmiges Gebilde, das eigentliche Tastkörperchen eintreten, und sich hier verästeln, die Verästelungen aber die an dem Körperchen sichtbaren Querstreifen bilden.

formen in der That eines solchen zu entbehren, und bewegen sie sich dennoch oder empfinden sie sogar, — eine Empfindung, welche sich hier jedoch wohl nur als „Reizbarkeit" bezeichnen läßt, — so werden wir zu der Annahme hingedrängt, daß die Energieen des bei höhern Thieren vorhandenen Nervensystems in ähnlicher Weise auf die übrigen Körperbestandtheile übergegangen sind, wie die Energie des Muskels auf das zarte Gewebe des Herzens des sich entwickelnden Wirbelthiers, das schon zu einer Zeit pulsirt, sich zusammenzieht, wo noch durchaus keine Muskelfasern in ihm zu entdecken sind. Es nähern sich diese Thiere in Folge des Mangels eines Nervensystems nur um so mehr den Pflanzen und die Bewegungserscheinungen dieser kommen vielleicht zum Theil in einer ganz ähnlichen Weise zu Stande, als die niederster Thiere. Auch die neuern schönen Untersuchungen der Rhizopoden von Schultze haben in diesen Nichts entdecken lassen, was als Nervenapparat oder Ganglienzelle betrachtet werden dürfte; und auch von der den Körper dieser Geschöpfe bildenden, so wenig differenziirten Masse (s. o. S. 11) kann man nur sagen, daß auf sie die Energieen der einzelnen und verschiedenen Apparate des höher entwickelten Thierkörpers in summa übertragen seien, daß sie, um ihre Aufgaben zu erfüllen, eben so wenig eines besondern Apparates zur Vermittlung von Empfindungen oder Bewegungen, als besonderer Vorrichtungen zur Verdauung der Nahrungsmittel, Respiration u. s. w. bedurften.

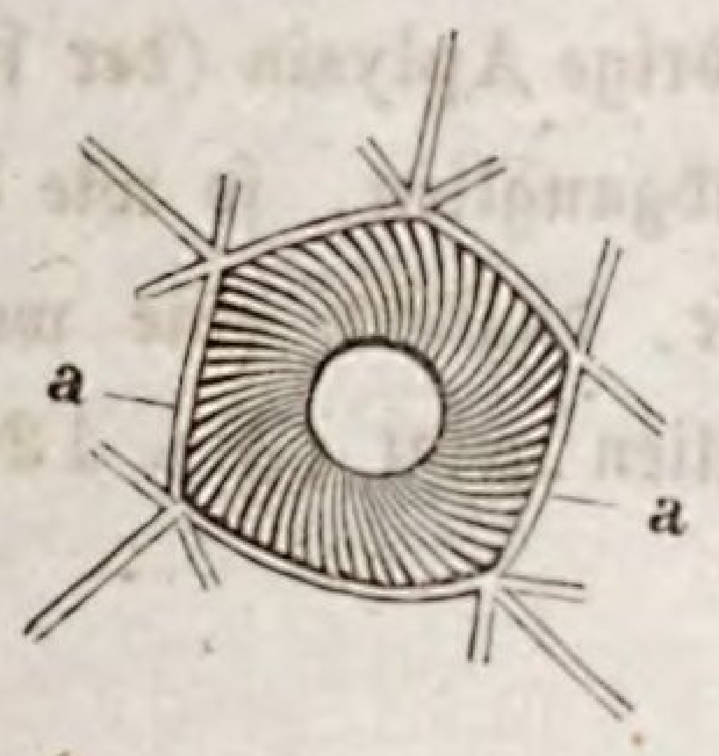
Auch bei den Polypen und Quallen hat man noch nicht überall mit Sicherheit einen Nervenapparat aufgefunden. Ein unter den Hautmuskeln (zwischen Leibeshöhle und Sohle) der Seeanemonen (Actinien) liegender Ring mit fünf kleinen Ganglien ist jedoch wohl unzweifelhaft richtig schon vor längerer Zeit von G. Cuvier als das Nervensystem dieser zu den Polypen gehörigen Thiere angesprochen, und bei den Scheiben- und Rippenquallen erkennt man dort in einer wechselnden Anzahl (vier, acht, sechszehn und mehr) unter sich verbundener, in der Peripherie des Körpers liegender Ganglien, hier in einem am hintern Leibesende, in der medianen Körperachse liegenden Ganglion den gleichen Apparat. *)

---

*) Für die hier gegebenen und später folgenden vergleichend-anatomischen

Mit größerer Bestimmtheit kennt man das Nervensystem der Stachelhäuter. Es bildet dasselbe hier meistens einen den Schlund umgebenden, fünfeckigen Ring mit zweifelhaften ganglionären Anschwellungen, aus dessen Ecken fünf Hauptnervenstämme entspringen. Ein Bild dieser Anordnung giebt uns Fig. 119. Eine bedeutende Abweichung von dieser Einrichtung findet sich jedoch bei den wurmartigen, eine Uebergangsstufe zu den Würmern bildenden und hie und da auch zu diesen gezählten Sipunculiden, bei denen sich von den fünf Stämmen nur einer, der in der Mittellinie des Bauches nach hinten zu verläuft, erhalten hat.

Fig. 119.*)



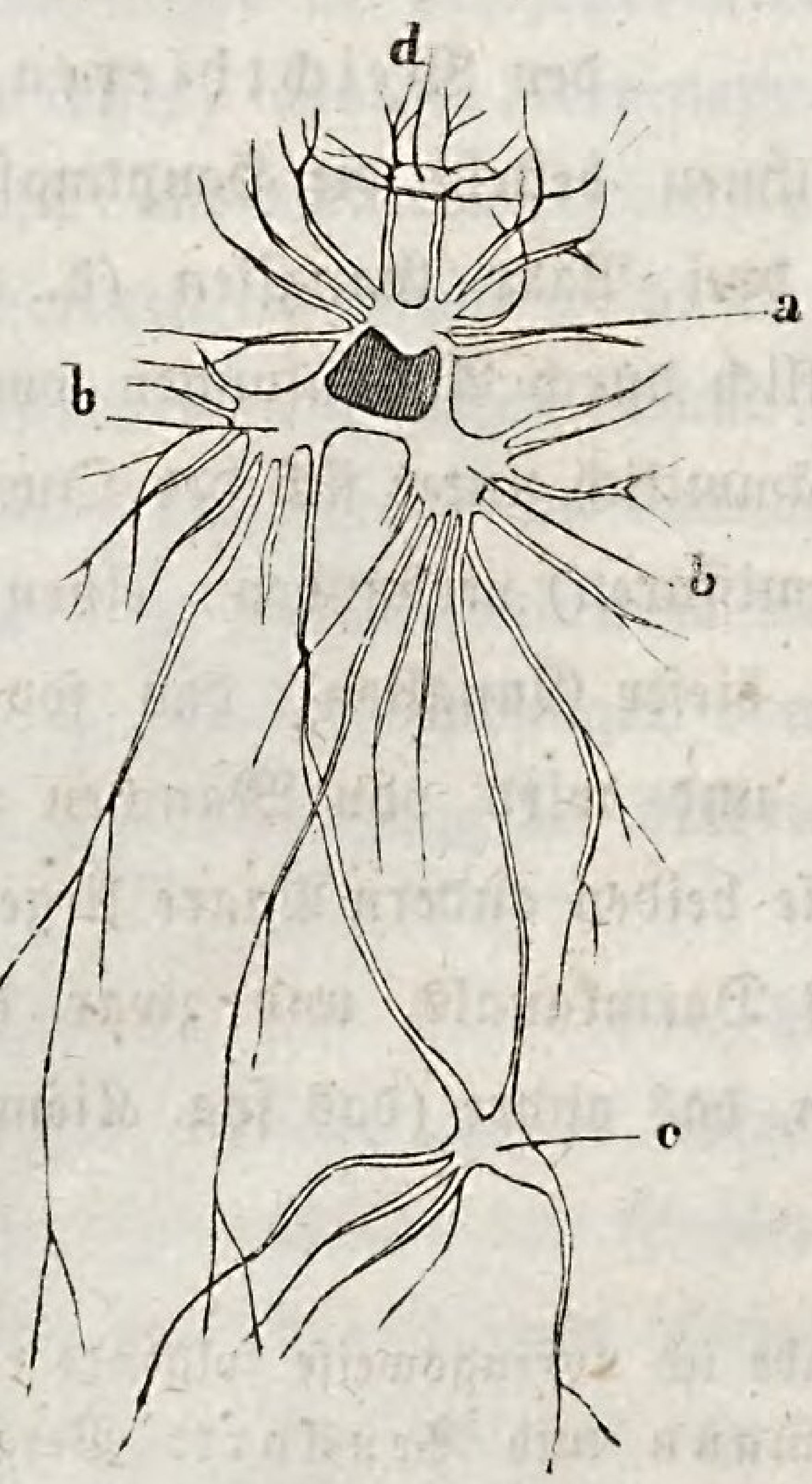
Für den Bau des Nervenapparates bei den Weichthieren bieten die Schnecken den Typus dar. Bei ihnen besteht die Hauptmasse oder der Centraltheil des Systems aus drei Paar Ganglien (d. h. Anschwellungen oder Knoten, die wesentlich durch Anhäufungen von Ganglienzellen gebildet werden), welche sämmtlich unter sich der Quere und Länge nach durch Nervenfasern (Commissuren) verbunden, einen Ring um den Schlund bilden. Ein Paar dieser Ganglien, das sog. Schlundganglion, liegt auf dem Schlunde und wird von Manchen dem Gehirn der Wirbelthiere verglichen; die beiden andern Paare liegen dagegen an der Bauchfläche unterhalb des Darmkanals, und zwar das eine (das sog. Fußganglion) nach vorn, das andre (das sog. Kiemenganglion) nach hinten.

Thatsachen habe ich vorzugsweise folgende empfehlenswerthe Werke benutzt: Bergmann und Leuckart: Vergleichende Physiologie und Anatomie 1852. — Oscar Schmidt: Handbuch der vergleichenden Anatomie 1. Aufl. 1851. (die dritte Auflage ist bereits erschienen). — Lehrbuch der Zootomie von Rud. Wagner, Frey und Leuckart. 1843. — Carpenter: Principles of physiology, general and comparative. London 1851. — Milne-Edward's: Eléments de zoologie ou leçons sur l'anatomie, la physiologie, classification et les moeurs de animaux. 4. Editt. 1841. —

*) Nervenkranz (a), welcher den Mund des Seesterns umgiebt und sichtbar ist, nachdem die Gefäße weggenommen sind. (Nach Wagner. Icon. zootom. Tab. XXXII. Fig. IV.)

Von sämmtlichen Ganglien gehen dann peripherische Nervenfasern aus, und zwar versorgt das Schlundganglion die Lippen, die Tentakeln, die Augen und die Geschlechtswerkzeuge, das Fußganglion die Bewegungs- und Gehörwerkzeuge, das Kiemenganglion die Kiemen, die Eingeweide und den Mantel. — Durch die verschiedene Lage der Ganglien, durch ihre bald größere, selbst bis zur Verschmelzung reichende, bald geringere Annäherung werden nun die mannichfachsten Verschiedenheiten bedingt, und während uns z. B. die zu den Schnecken gehörige Aplysia (der sog. Seehaase) eine Verschmelzung der beiden Schlundganglien, so wie der beiden Kiemenganglien zu je einer Ganglienmasse, dagegen eine weite Trennung der Fußganglien von den Kiemenganglien zeigt (Fig. 120),

Fig. 120.



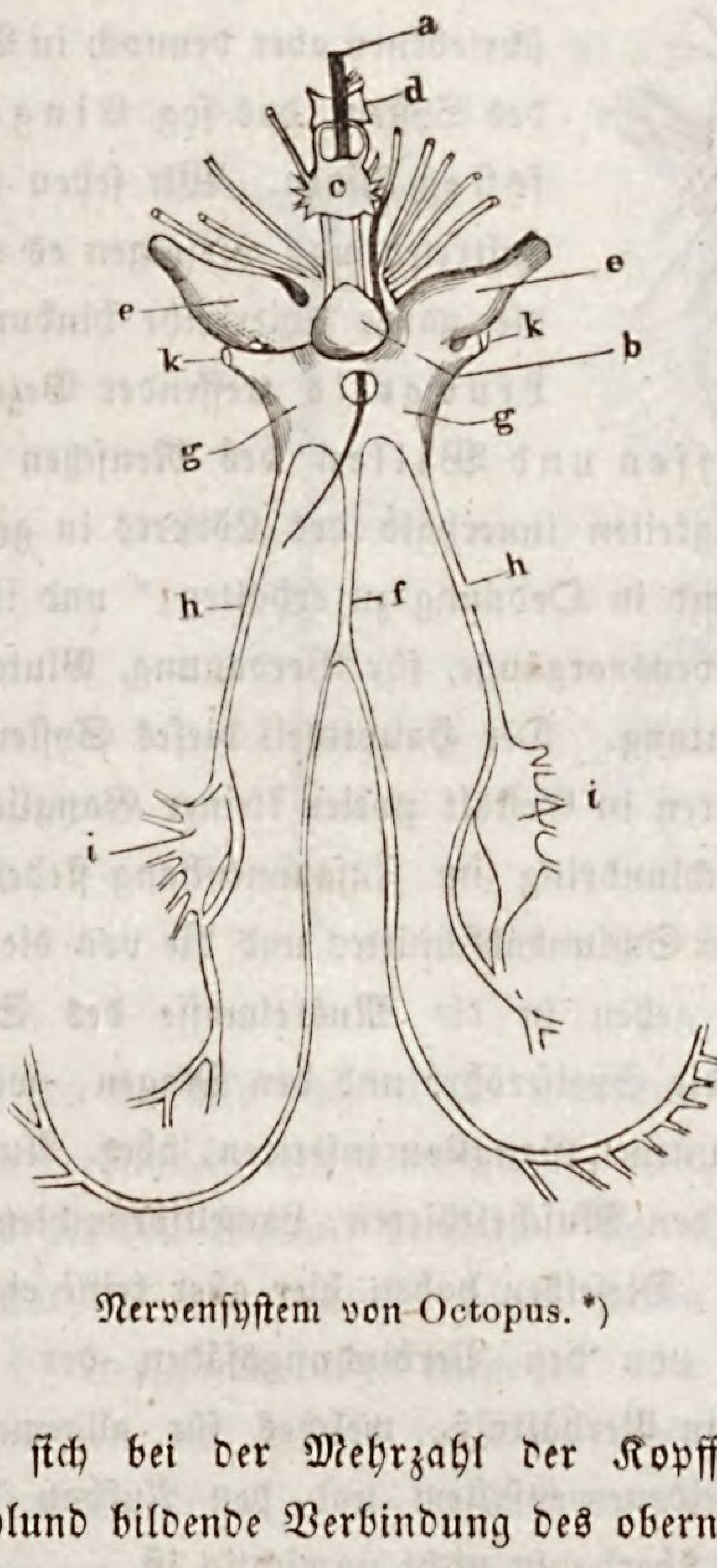
Nervensystem von Aplysia. *)

bietet der zu den Kopffüßlern gehörige Octopus, ausgezeichnet durch

*) Nach Milne-Edward's a. a. O. S. 547. a Schlundganglion. bb Fußganglien. c Kiemenganglion. d Ein mit dem Schlundganglion zusammenhängendes Lippenganglion (dem Eingeweidenervensystem angehörig).

seine acht langen Arme, eine Verschmelzung der letzten beiden Paare zu fast nur einer scheibenförmigen Masse dar (Fig. 121). Das letztere

Fig. 121.



Nervensystem von Octopus. *)

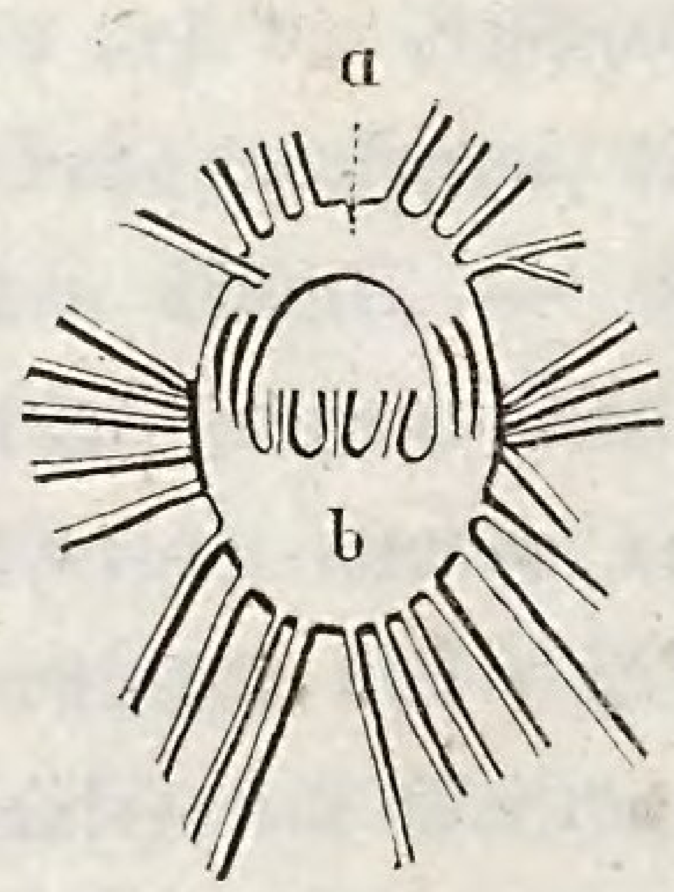
Verhältniß findet sich bei der Mehrzahl der Kopffüßler. Die den Ring um den Schlund bildende Verbindung des obern Schlundganglion mit den verschmolzenen Kiemen- und Fußganglien stellt sich deutlich

---

*) Nach Milne-Edwards a. a. O. S. 548. a Sonde, die den Verlauf der Speiseröhre anzeigt. b Schlund- oder Kopfganglion, von dem nach vorn zwei Nervenäste entspringen, um sich mit dem Ganglion c, und ferner mit dem Ganglion d zu verbinden, die dem Schlundtheil des Eingeweide-Nervensystems angehören. ee Fußganglienmassen mit Vorsprüngen für die Armnerven. gg Kiemenganglien, von denen die Kiemennerven f und die Mantelnerven h, die wieder zu großen Ganglien i anschwellen, entspringen, kk die abgeschnittenen Sehnerven. —

in Fig. 122, dem Schlundnervenringe der Weinbergschnecke dar. —

Fig. 122.*)



Zu diesem Apparate kommt nun bei den höher entwickelten Weichthieren (den Kopffüßlern und Schnecken) noch ein besonderes, mit dem beschriebenen aber dennoch in Verbindung stehendes System, das sog. Eingeweidenervensystem hinzu. Wir sehen dasselbe hier zuerst auftreten und verfolgen es von nun an durch die ganze Thierreihe hindurch. Es hat nach Leuckart's treffender Bezeichnung die Aufgabe „ohne Wissen und Willen des Menschen oder Thieres eine Menge von Thätigkeiten innerhalb des Körpers in gegenseitige Abhängigkeit zu setzen und in Ordnung zu erhalten," und ist insonderheit für die vegetativen Lebensvorgänge, für Verdauung, Blutcirculation u. s. w. von großer Bedeutung. Der Haupttheil dieses Systems liegt bei den höhern Weichthieren in Gestalt zweier kleiner Ganglien, die unter sich und mit dem Schlundring im Zusammenhang stehen an der untern Fläche des hintern Schlundabschnittes und die von diesen Ganglien ausgehenden Fasern gehen in die Muskelmasse des Schlundkopfes, die Speicheldrüsen, die Speiseröhre und den Magen, wo sie sich bei den Kopffüßlern einem neuen Ganglion inseriren, über. Auch bei einigen kopflosen Acephalen (den Muschelthieren, Lamellibranchien) kommen Eingeweidenerven vor. Dieselben haben hier aber keine eigene Centra, sondern entspringen von den Verbindungsfäden der oben bezeichneten Ganglienpaare, ein Verhältniß, welches für allgemeine Betrachtungen über das Eingeweidenervensystem und den Aufbau des Nervensystems in der Thierreihe überhaupt nicht unwichtig ist.

Das Nervensystem der noch übrigen wirbellosen Thiere, der Gliederthiere, variirt in den einzelnen Ordnungen und Arten vielfach, hat aber dennoch überall etwas Typisches. Sein wesentlichster oder centraler Theil besteht fast überall aus einer Reihe von Ganglienpaaren, die in der Mittellinie des Leibes unterhalb des Darmkanals an

*) a Oberer, b unterer Mundknoten der Weinbergschnecke. (Nach Wagner's Icon. zootom. Taf. XXX. Fig. 7. — Copie nach Brandt.)

der Bauchfläche liegen und sämmtlich durch Längs- und Quercommissuren verbunden sind. Nur ein Ganglienpaar, und zwar das erste, liegt oberhalb des Schlundes (Fig. 123, 124, 125). Aber auch dieses ist

Fig. 123.*)



Fig. 124.**)

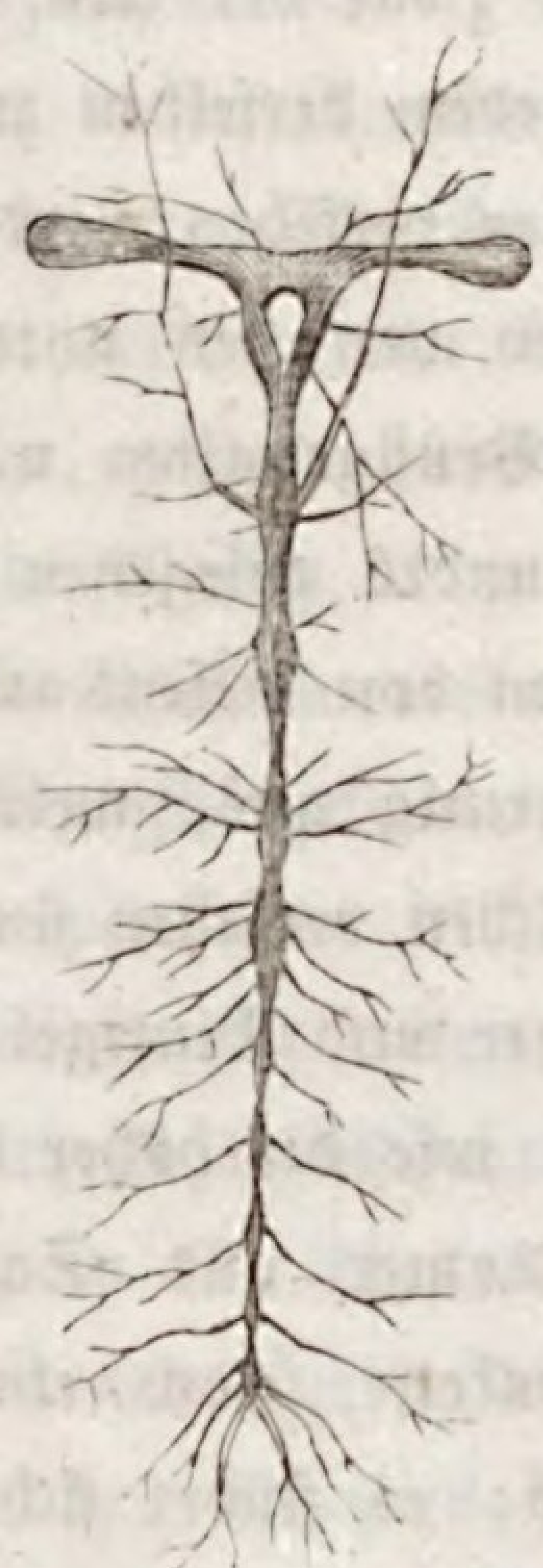
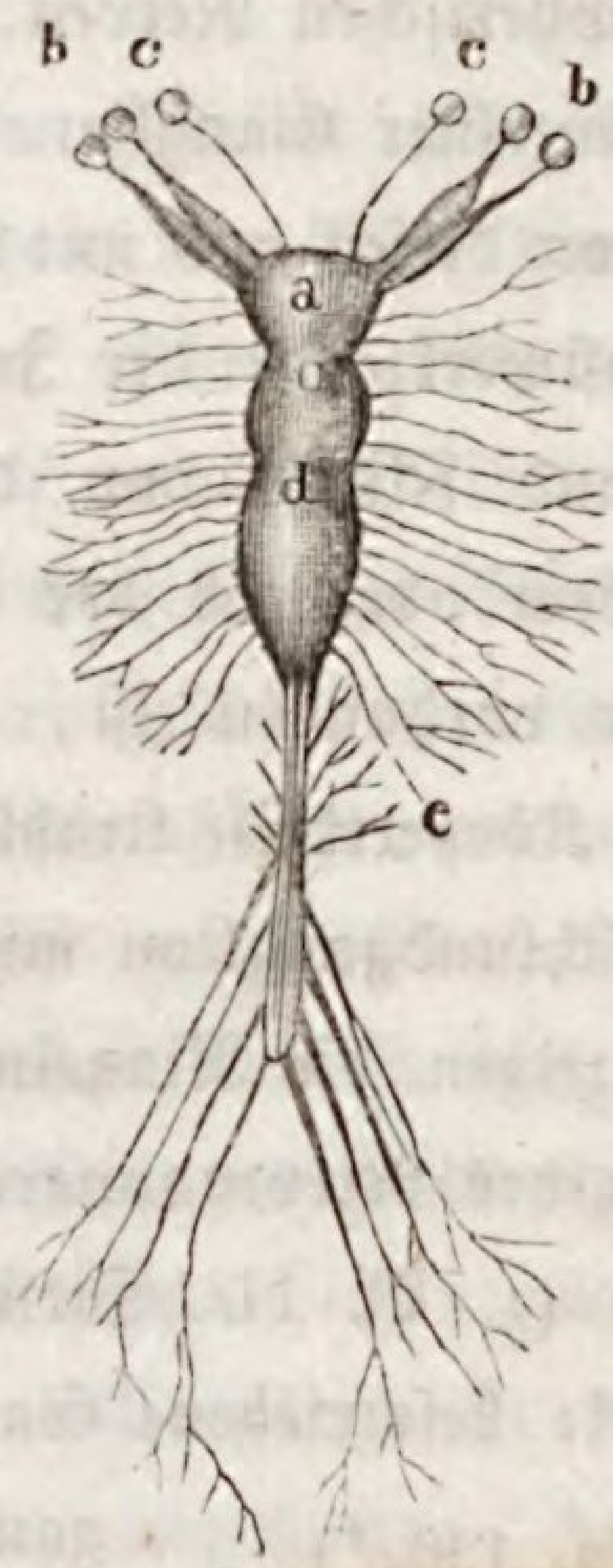


Fig. 125.***)



mit dem zweiten, d. h. also dem ersten unterhalb des Darmkanals, durch Commissuren verbunden, eine Verbindung, welche wieder die Bildung eines Ringes um den Schlund bedingt. So viel Körperabschnitt das Gliederthier hat, so viel Ganglienpaare finden sich auch in der Regel; mannigfache Verschiedenheiten entstehen aber auch hier wieder durch das Verschmelzen der beiden zusammengehörigen Ganglien zu einem, oder durch das Verschmelzen zweier oder mehrer oder aller aufeinanderfolgender Paare zu einer gemeinschaftlichen Ganglienmasse. Als Beispiel des letztern Falles können die Spinnen und Wanzen (s. Fig. 125) und in gewisser Beziehung auch die Krabben dienen, bei denen sich,

---

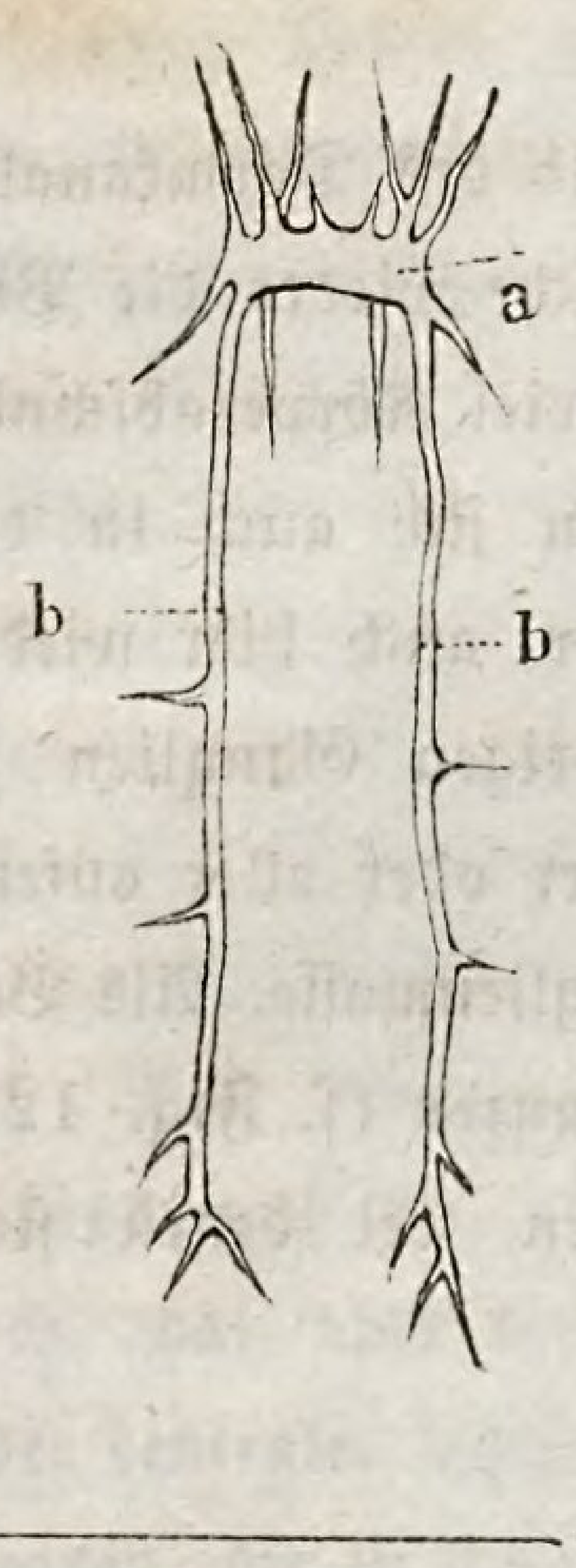
*) Nervensystem eines Ohrwurms (Forficula).

**) Nervensystem eines Hirschkäfers (Lucanus).

***) Nervensystem einer Schildwanze. a Oberes Schlundganglion (Gehirn). b, c Augennerven. d Brustganglion. e Unterleibsganglien. — Alle drei Abbildungen nach Milne-Edward's a. a. O. S. 420.

entsprechend der geringeren Gliederung des Körpers, statt der ganzen Bauchganglienkette auch nur ein einziges gemeinsames großes Bauchganglion vorfindet. Von den Ganglien aus, einerlei ob nur ein großes, oder viele einzelne Ganglien vorhanden sind, entspringen nun wieder die peripherischen Nerven, und zwar der Art, daß beim Vorhandensein vieler einzelner Ganglien die jedem derselben zunächst liegenden Körpertheile von diesen aus mit Nerven versehen werden, — also z. B. Mund- und Tastwerkzeuge der Insekten von den untern Schlundganglien aus, Füße und Flügel von den Brustganglien u. s. w. — Sobald aber außer dem oberhalb des Schlundes gelegenen nur ein großes Bauchganglion vorhanden ist, laufen von diesem aus die Nerven in alle diejenigen Körpertheile strahlenförmig aus, welche nicht schon durch das obere Schlundganglion mit solchen versehen sind. — Unter den Würmern zeigen die Ringelwürmer und Blutegel eine ganz ähnliche Einrichtung des Nervenapparates, wie die höher entwickelten Gliederthiere. Manche (z. B. die Strudelwürmer und Saugwürmer) besitzen aber weder die beschriebene Ganglienkette, noch ein einziges großes Bauchganglion; es findet sich bei ihnen vielmehr nur eine centrale Ganglienmasse im vordern Körperende, die fast überall oberhalb des Schlundes liegt, und von diesem sog. Nackenganglion aus entspringen nun zahlreiche Nerven, die sich in verschiedenen Richtungen, verschieden an Länge und Stärke, namentlich aber seitlich verlaufend, als Seitennerven verbreiten (Fig. 126). Diese Seitennerven sind hier die „Vertreter der Bauchganglienkette." — Das sympathische oder Eingeweide-Nervensystem der Gliederfüßler, das auch selbst den höher entwickelten Würmern (Blutegeln u. a.) nicht fehlt, steht überall mit dem vordern oder obern Schlundganglion in Verbin-

Fig. 126. *)



*) Nervensystem eines Saugwurms (Amphistomum conicum). a Schlundganglien. bb Seitennerven. (Nach Rud. Wagner Icon. zootom. Taf. XXVIII. Fig. 17.)

dung. Es besteht zumeist aus zwei oder drei wieder unter sich verbundenen kleinen Ganglien, von denen aus Nervenfasern sich am Verdauungskanal verbreiten, oder es entspringen die Nervenfasern auch direct aus jenem Schlundganglion, um später erst zu kleinen, unter sich verbundenen Ganglien anzuschwellen.

Sehr verschieden von diesen Anordnungen gestaltet sich nun der Bau des Nervensystems bei den Wirbelthieren. Auch hier zwar finden wir centrale und peripherische Theile. Aber es bilden die ersteren überall zwei größere, zusammenhängende und oberhalb des Verdauungsapparates liegende Massen, die, als Gehirn und Rückenmark bekannt, im Schädel und Rückenmarkskanal eingeschlossen, aus einer unendlichen Anzahl von Ganglienzellen und Nervenfasern zusammengesetzt sind. Und diese Nervenfasern selbst, bald zu stärkern, bald zu schwächern Bündeln vereinigt, verbreiten sich nun, durch die in den Umhüllungen der Centraltheile befindlichen Oeffnungen hindurchtretend, in vielfacher Verzweigung in alle Theile des Körpers hinein, um bald als empfindende den Centraltheilen über die Vorgänge in der Peripherie oder im Innern des Körpers Bericht abzustatten, bald als Bewegung vermittelnde den Willen oder unbewußten Trieb des Thieres auf peripherische Organe zu übertragen. Daneben findet sich fast überall, durch Fasern mit jenen Centraltheilen verbunden, ein Eingeweidenervensystem, welches ebenfalls wieder seine eigenen Centra und peripherisch verlaufenden Fasern besitzt. Es liegen diese Centra, in Gestalt kleinerer oder größerer Ganglien in verschiedenen Theilen des Körpers zerstreut, bilden insonderheit eine durch Nerven verbundene vor dem Rückgrat gelegene Kette oder größere Geflechte, wie wir sie in den größern Körperhöhlen und in der Umgebung größerer Blutgefäße finden, während die äußerst zarten Nervenfasern dieses Systems in die verschiedensten Theile des Körpers, insonderheit aber die Drüsen, die Blutgefäße, den Darmkanal, das Herz u. s. w. eindringen. Je nach der höhern oder geringern Entwicklung des Wirbelthieres gestalten sich diese einzelnen Theile des Nervensystems, und insonderheit das Gehirn, verschieden. Je höher das Thier in der Thierreihe steht, um so umfangreicher und größer im Verhältniß zum übrigen Körper ist z. B. das letztere. Der Typus der Anordnung des Ganzen bleibt dabei aber

überall derselbe und selbst die einzelnen Theile des höchst entwickelten Gehirnes sind im Wesentlichen überall, in bald schärfer, bald weniger scharf ausgeprägter Weise vertreten.

Entwerfen wir uns zunächst von der Gestaltung des Gehirns und Rückenmarks ein ganz allgemeines Bild, so kann es nicht besser geschehen, als wenn wir uns dessen erinnern, was oben von der Entwicklung der Centraltheile des Nervensystems im bebrüteten Hühnchen gesagt wurde. Das Rückenmark lernten wir dort als einen anfangs hohlen Cylinder, an dessen vorderem Ende sich eine Ausbuchtung als erste Anlage des Gehirns befand, kennen. An dieser Ausbuchtung oder Anschwellung ließen sich alsbald drei der Quere nach verlaufende Abtheilungen oder Abschnürungen wahrnehmen, aus denen sich die einzelnen Theile des Gehirns der Art hervorbildeten, daß aus der ersteren das große, sich alsbald in zwei seitliche Halbkugeln abschnürende Gehirn, aus der zweiten das sog. Mittelhirn, aus der dritten das Hirn und Rückenmark verbindende sog. verlängerte Mark und das sog. kleine Gehirn entstand. Dieser Bildungsproceß selbst geht scheinbar nun aber überall der Art vor sich, daß sich die Wandungen der ursprünglichen Abschnürungen oder Höhlungen mehr und mehr verdicken; daß sich in der sie anfangs erfüllenden Bildungsflüssigkeit Tausende von Ganglienzellen und Nervenfasern bilden, und diese endlich, massenhaft angehäuft, die Höhlungen selbst bis auf ein sehr unbedeutendes Lumen einengen. Was von den Höhlungen übrig bleibt, bildet jetzt einerseits die gegen die Masse des Gehirns verschwindend kleinen sog. Ventrikel, die unter sich im Zusammenhang stehend, zum Theil mit einer wässrigen klaren Flüssigkeit, zum Theil mit lockern Blutgefäßgeflechten ausgefüllt sind, andrerseits den bei fast allen Wirbelthieren und nach Owsjannikow auch beim Menschen fortbestehenden „Centralkanal" des Rückenmarks. Die ganze übrige Gehirn- und Rückenmarksmasse erscheint aber nunmehr als eine festweiche, hier etwas derbere, dort etwas weichere, hier weiße, wesentlich aus Nervenfasern, dort graue, wesentlich aus Nervenzellen und dieselben zusammenhaltender Bindegewebsmasse bestehende Substanz, eine Vertheilung ungleichartiger Bestandtheile, die sich im Allgemeinen der Art bezeichnen läßt, daß beim Rückenmark die graue Substanz den Kern (s. Fig. 138), die weiße die Umhüllung bildet, beim Gehirn dagegen

die graue eine äußerliche Rindenschicht und mehrfache, im Innern vertheilte Kernmassen, die weiße aber den übrigen Theil der ganzen Masse zusammensetzt. Wir können hier nicht wohl näher auf die Configuration dieser einzelnen mehr oder weniger leicht unterscheidbaren Kern- und Umhüllungsmassen eingehen; die Beschreibung derselben gehört in das Gebiet der speciellen Anatomie. Bemerken wir jedoch, daß sich schon in einer ziemlich frühen Zeit des Entwicklungsganges die oben erwähnte Längsklüftung des großen Gehirns in zwei seitliche unter sich aber in Zusammenhang stehende Hemisphären auf alle oder doch die Mehrzahl der übrigen Centraltheile fortsetzt, so daß wir, wie bei den niedern Thieren paarige Ganglien, so auch hier überall paarige, und wenn nicht scharf und deutlich getrennte, doch aus zwei gleichen Hälften bestehende Gebilde vor uns haben. So unterscheiden wir also zwei Hemisphären des großen Gehirns, und finden das sog. Mittelhirn ebenfalls aus zwei seitlichen, bei den niedern Wirbelthieren mehr, bei den höhern weniger getrennten Hälften bestehen; so erkennen wir in dem kleinen Gehirn überall zwar eine sehr eng verbundene, bei den höhern Thieren aber doch ebenfalls aus zwei seitlichen Hemisphären bestehende Masse; und in gleicher Weise verfolgen wir endlich die Klüftung an dem Rückenmark, welches uns in Folge eines obern und eines untern (beim Menschen hintern und vorderen) Einschnittes in der Mittellinie als aus einer rechten und linken Hälfte zusammengesetzt erscheint. Wie aber die Centraltheile selbst als paarige Gebilde zu betrachten sind, so entspringen endlich auch die sämmtlichen Nerven paarweise von ihnen, und zwar der Art, daß sie am Gehirn, von dessen Basis auslaufend, eine einfache, von vorn nach hinten verlaufende Reihe, beim Rückenmark dagegen eine doppelte Reihe bilden, deren eine von dem obern (hintern), deren andre von dem untern (vorderen) Umfang der Seitenhälften desselben entspringt. Wohl wissen wir nun, wo all diese Nervenpaare, von denen jedes aus zwei dichten Bündeln unzähliger Fasern besteht, in die Centraltheile selbst eintreten oder von ihnen sich abheben; wo jedoch die Fasern selbst ihren endlichen Ursprung nehmen, wo sie mit Ganglienzellen sich verbinden, wie sie in der Gehirn- und Rückenmarksmasse selbst verlaufen, hat trotz der anhaltendsten und sorgfältigsten Untersuchungen noch nicht in genügender Weise festgestellt

werden können. Für die vom Gehirn selbst auslaufenden Paare ist es der Mehrzahl nach wohl zweifellos, daß sie ihren Ursprung auch in der Gehirnmasse selbst nehmen; nur einer oder einige der sog. Gehirnnerven nehmen auch Fasern aus dem Rückenmark in sich auf. Ob aber die vom Rückenmark auslaufenden Nerven in diesem selbst ihren Ursprung nehmen, oder ob sie sämmtlich, das Rückenmark nur durchlaufend, erst im Gehirn ihren endlichen Ausgangspunkt, ihr Centrum finden, ist fraglich. Es ist jedoch mehr als wahrscheinlich, — und Koelliker's schöne Untersuchungen haben hier ein großes Gewicht, — daß eine sehr große Anzahl derselben in das Rückenmark eintretend, in diesem bis in das Gehirn hinauf verläuft, um sich dort mit Ganglienzellen zu verbinden, eine andere geringere Anzahl aber auch im Rückenmark selbst, d. h. in der grauen Substanz desselben entspringt. Möglich, daß sich im Rückenmark hie und da mehre Fasern einer Ganglienzelle inseriren und diese nun, mit andern Ganglienzellen verbunden, einen Zusammenhang mit dem Gehirn vermitteln. Doch, wir wiederholen, was wir schon oben erwähnten, daß sich der Darstellung des feineren Baues des Nervensystems in dieser Beziehung die unendlichsten Schwierigkeiten entgegenstellen und zweifelhaft dürfte es sein, ob es jemals gelingen wird, denselben in voller Klarheit zu durchschauen.

Ueber die äußere Configuration des Rückenmarks und der Hauptnervenstämme haben wir nichts Weiteres hinzuzufügen; es verhält sich dieselbe bei allen Wirbelthieren in gleicher Weise; einige wenige Bemerkungen werden wir unten, bei Betrachtung des Nervensystems der Säugethiere, noch beibringen. Die Gestaltung des Gehirns bietet aber in den verschiedenen Wirbelthierklassen zu wesentliche und zu interessante Verschiedenheiten dar, als daß wir uns dieselben nicht in allgemeinster Weise vergegenwärtigen müßten. Wir nehmen dabei aus jeder Classe die Abbildungen nur einiger Gehirne zu Hülfe, deren Anschauung zur Auffassung der wesentlichsten Verschiedenheiten genügen wird.

Mit den Fischen zunächst beginnend, geben wir beistehend die Abbildungen des Gehirns eines Stockfisches und eines Hechtes (Fig. 127 u. 128 a. f. S.). — Die Hemisphären des großen Gehirns sind hier verhältnißmäßig zu den übrigen Hirntheilen nur klein und

besitzen vorn eine bald mehr, bald weniger bedeutende Anschwellung, als

Fig. 127.*)

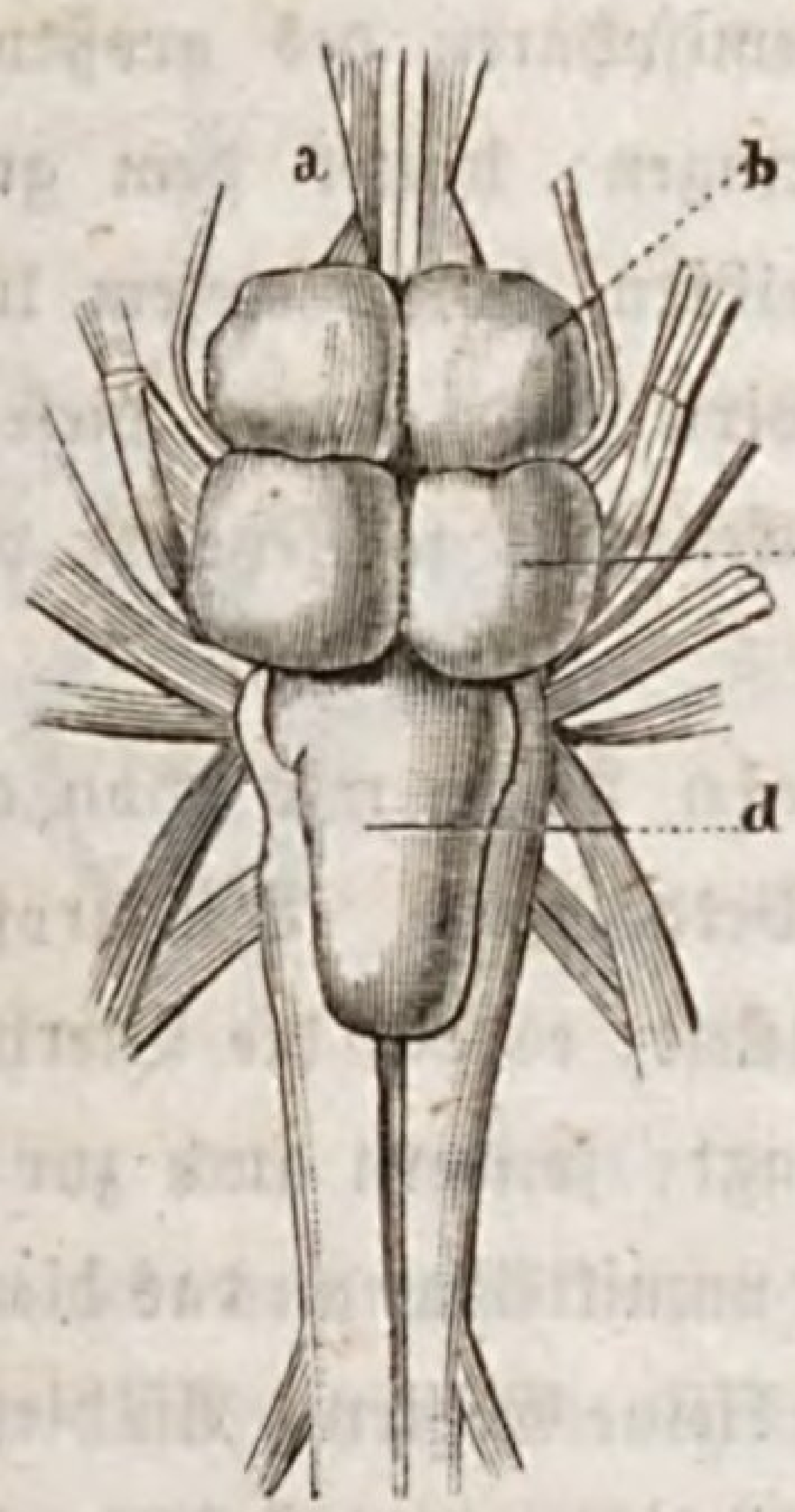
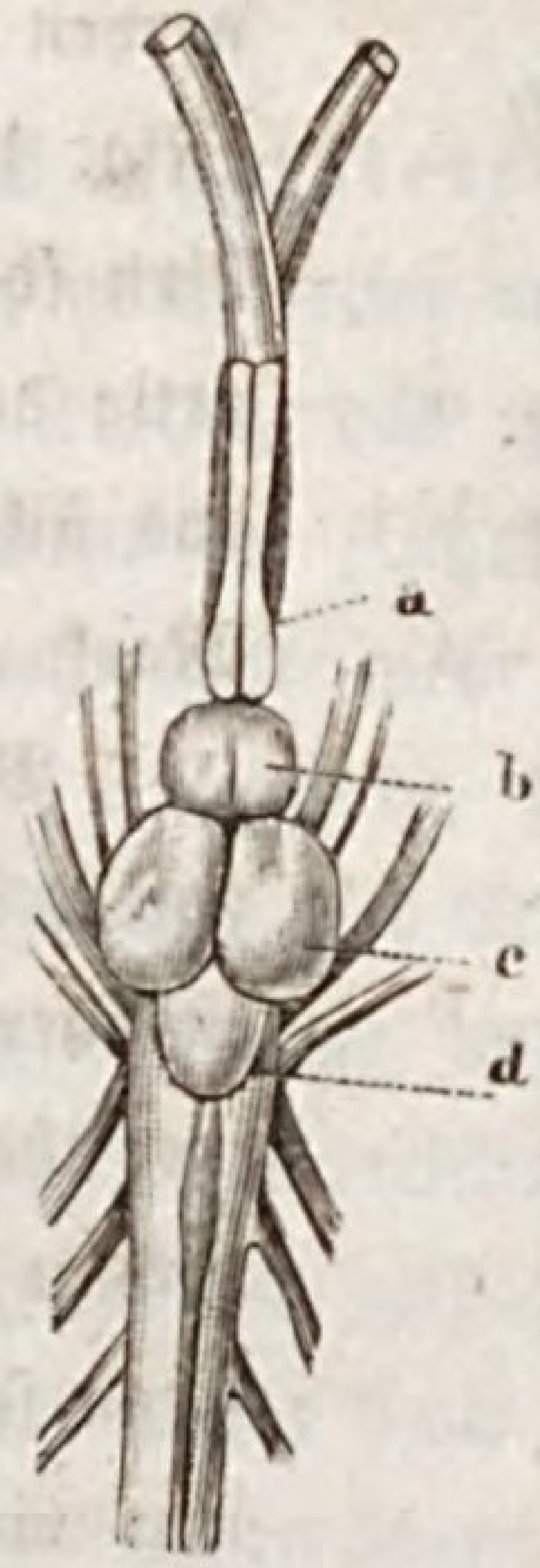


Fig. 128.**)



Wurzel des stark entwickelten Riechnerven. Hinter ihnen liegen zwei größere, die Stelle des Mittelhirns einnehmende Halbkugeln, die die Sehhügel (lobi optici) genannt werden und von denen aus die Sehnerven entspringen. Noch weiter nach hinten liegt das unpaarige, kleine Gehirn und unter diesem, nach hinten sich ausdehnend, das verlängerte Mark.

Bei den **Reptilien** zeigt sich noch keine sehr wesentliche Verschiedenheit von dieser Anordnung, nur die Hemisphären des großen Gehirns sind in der Entwicklung ansehnlicher vorausgeeilt. Das kleine Gehirn ist dagegen, insonderheit bei den Schlangen und nackten Amphibien nur sehr unbedeutend entwickelt, so daß es fast nur als ein starkes Verbindungsband zwischen den beiden Hälften des verlängerten Markes betrachtet werden kann. Als Beispiel diene die Abbildung des

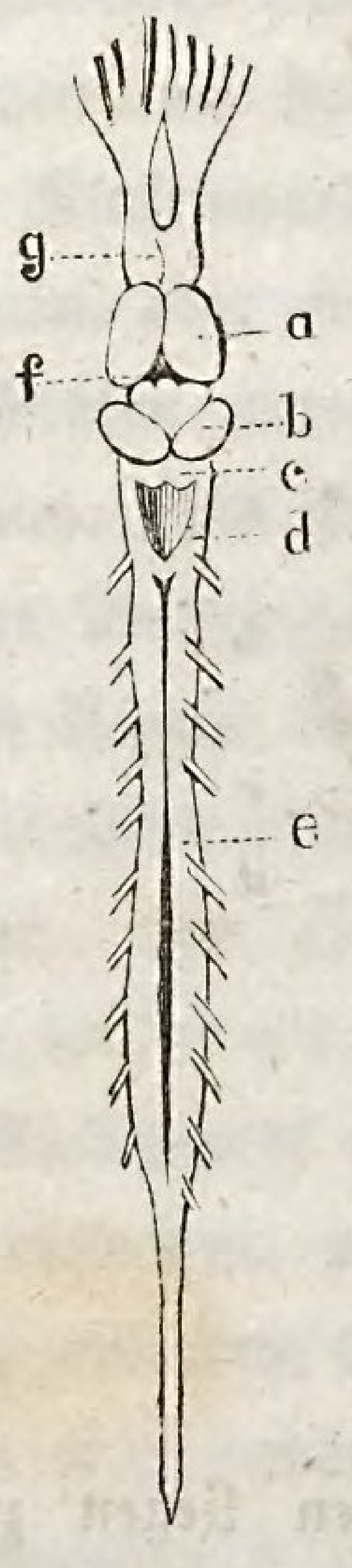
---

*) Gehirn eines Hechtes. a Riechnerven. b Hemisphären des großen Gehirns. c Mittelhirn. d kleines Gehirn.

**) Gehirn eines Stockfisches. Die Buchstaben gleichbedeutend wie in Fig. 127. — Beide Figuren nach Leuret: Anatomie comparée du système nerveux. —

Gehirns eines Frosches (Fig. 129). Von vorn beginnend sehen wir

Fig. 129. *)



hier zunächst die ganglιösen Wurzeln des Riechnerven von den Hemisphären des großen Gehirns (Fig. 129 a) entspringen; hinter dem großen Gehirn folgt das Mittelhirn; hinter diesem liegt bandartig das kleine Gehirn und hinter diesem wieder das sich in das Rückenmark fortsetzende verlängerte Mark.

Bei den Vögeln stoßen wir schon auf bedeutender abweichende Verhältnisse. Das große Gehirn ist vorwiegend entwickelt; es hat die Vierhügel nicht nur theilweise überragt, sondern auch zur Seite gedrängt und stößt jetzt unmittelbar an das hier ebenfalls schon sehr entwickelte kleine Gehirn. An diesem erkennen wir hier zuerst ein blättriges Gefüge. Unter ihm tritt das verlängerte Mark wieder, nach hinten verlaufend, hervor. Als Beispiele dieser Anordnung wählen wir das Gehirn des Habichts (Falco palumbarius). Fig. 130 zeigt uns dasselbe von oben gesehen, Fig. 131 von der Seite,

Fig. 130. **)

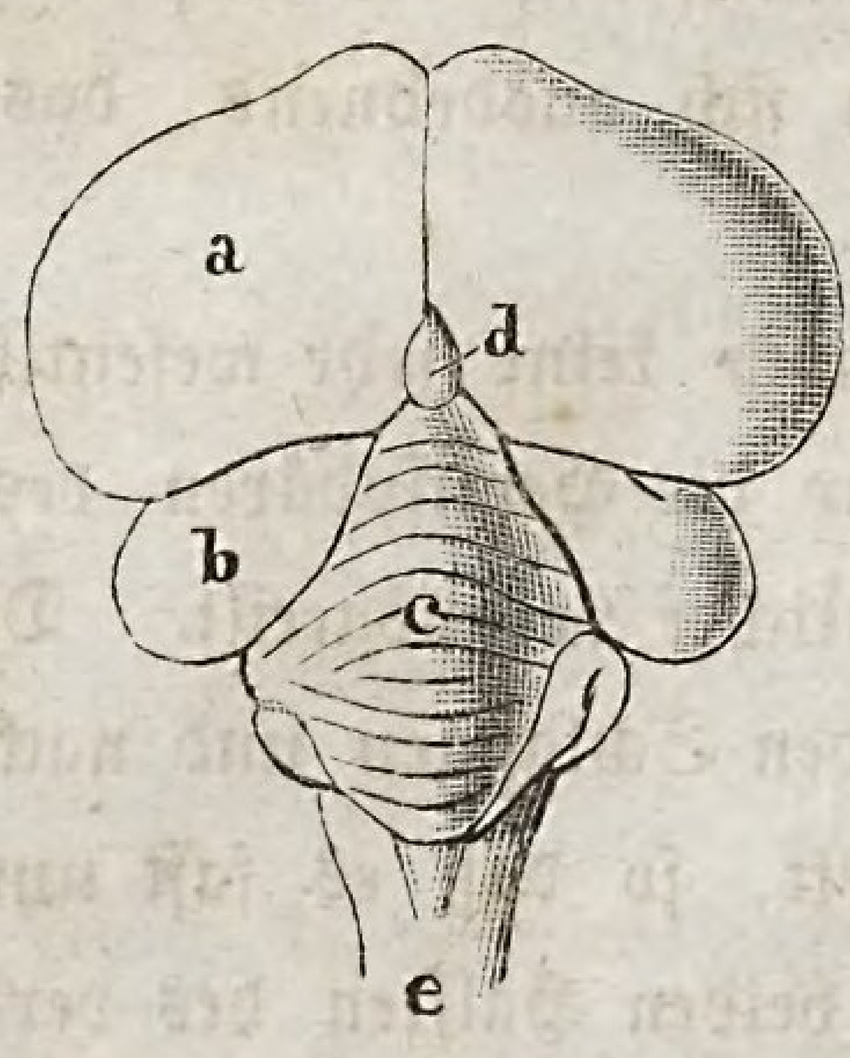
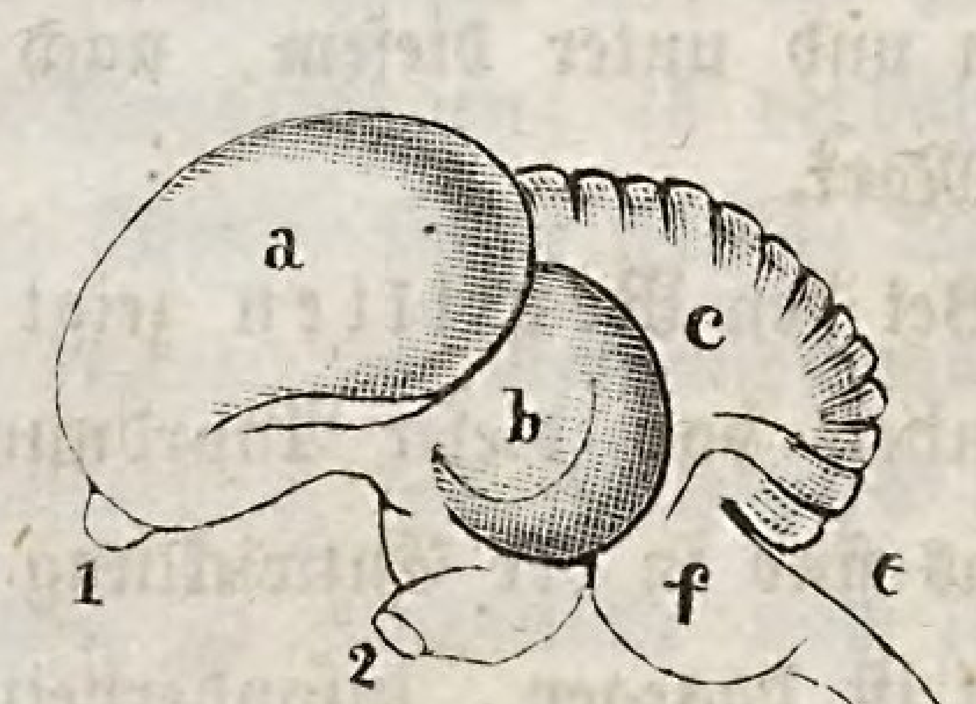


Fig. 131. ***)



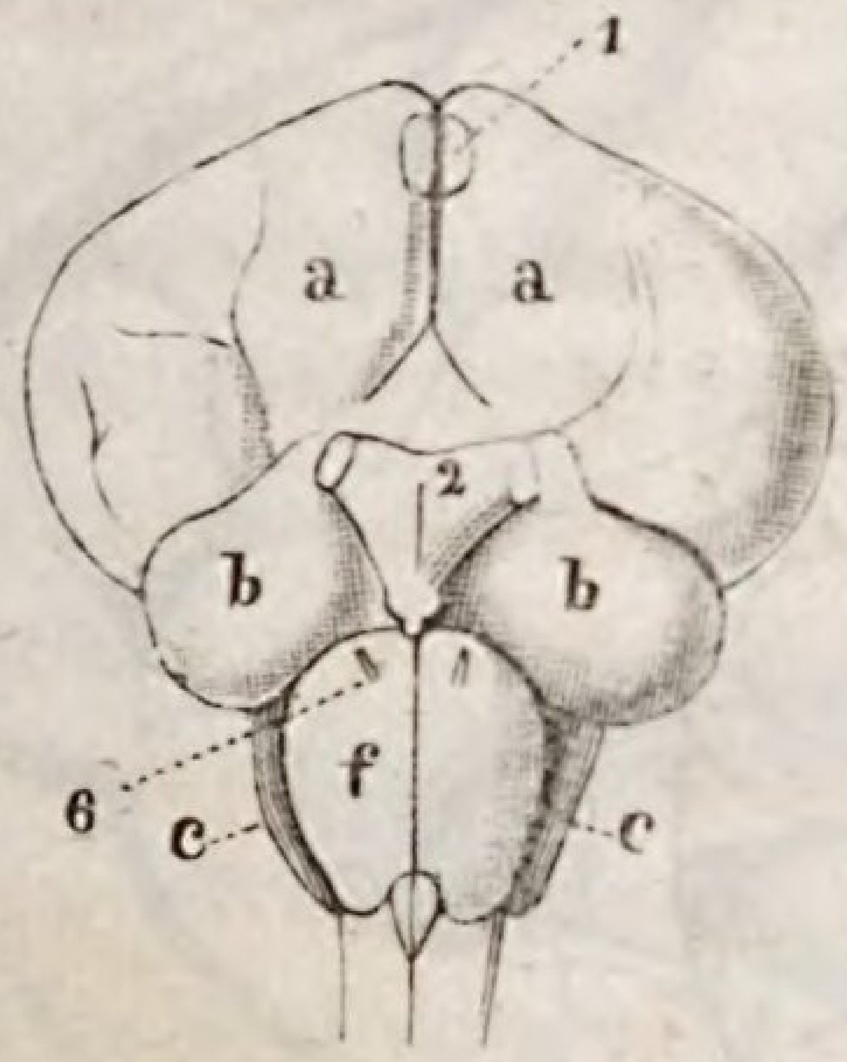
*) Gehirn und Rückenmark eines Frosches. a Hemisphären des großen Gehirns. b Mittelhirn (Vierhügel). c kleines Gehirn. d verlängertes Mark. e Rückenmark. f Zirbeldrüse. g Riechnerven. (Nach R. Wagner Icon. zootom. Taf. XVII. Fig. 2.)

**) Gehirn des Habichts. a Hemisphären des großen Gehirns. b Vierhügel. c Kleines Gehirn. d Zirbeldrüse. e Verlängertes Mark.

***) Dasselbe von der Seite. 1 Riechnerv. 2 Sehnerv. f Brücke.

Fig. 132 von unten. — Der Fortschritt in der Ausbildung des großen und kleinen Gehirns tritt auffallend hervor.

Fig. 132.*)



Bei den Säugethieren endlich ist die Entwicklung noch weiter vorgeschritten. Es nimmt insonderheit das große Gehirn wieder, entsprechend der Zunahme geistiger Fähigkeiten, mehr und mehr an Umfang zu. An seiner Oberfläche treten dabei nach und nach Furchen und Erhabenheiten, die sog. Windungen hervor, und namentlich diese scheinen nach Huschke's neuerdings gelieferter trefflicher Darstellung,**) welche in engster Beziehung zu der Entwicklung geistiger Fähigkeiten stehen. Sein hinterer Theil entwickelt sich ferner nach und nach so sehr, daß er schließlich (bei den Affen) das kleine Gehirn überragt. Mittelhirn und verlängertes Mark sind in Folge des vorwiegenden Wachsthums des großen und kleinen Gehirns ganz von diesen bedeckt. Als Beispiele geben wir die Abbildungen des Gehirns eines Kaninchens (Fig. 133 u. 134)

Fig. 133.***)

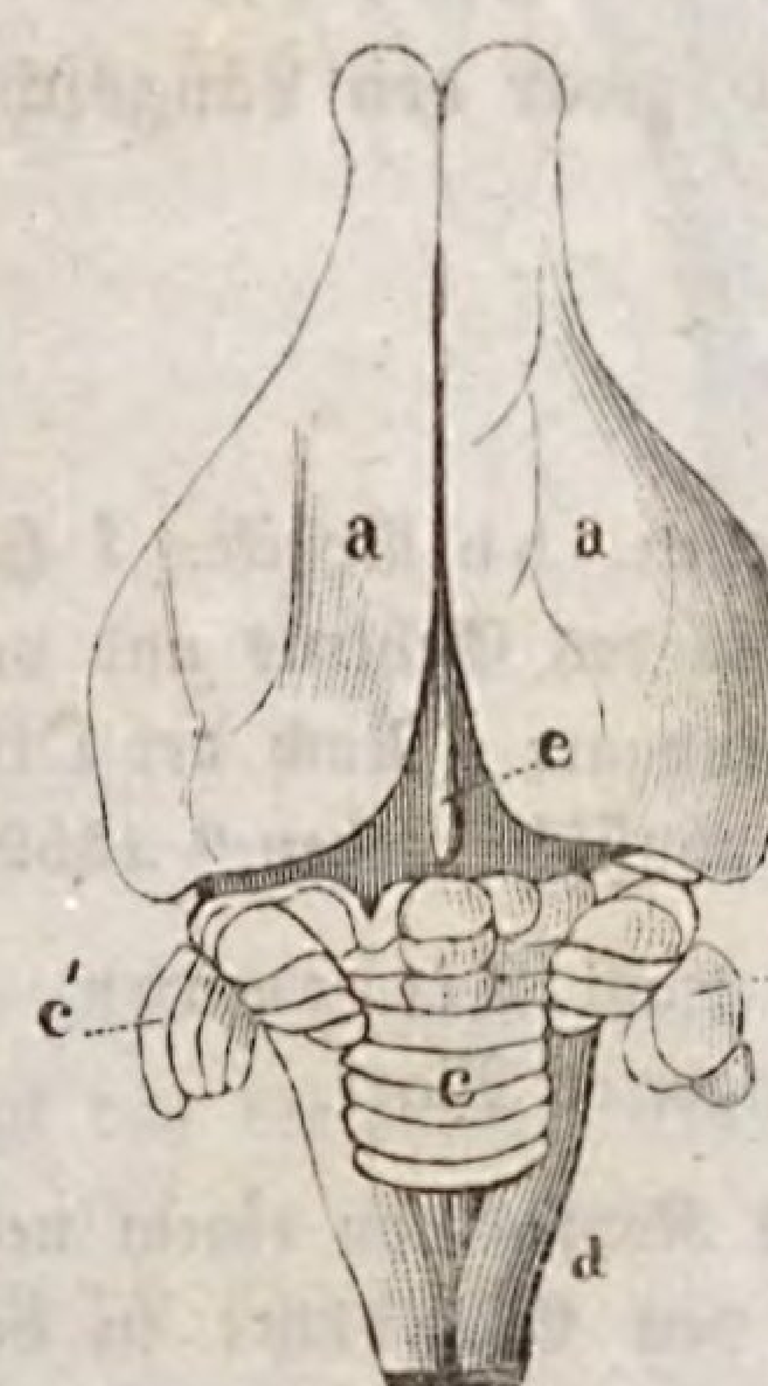
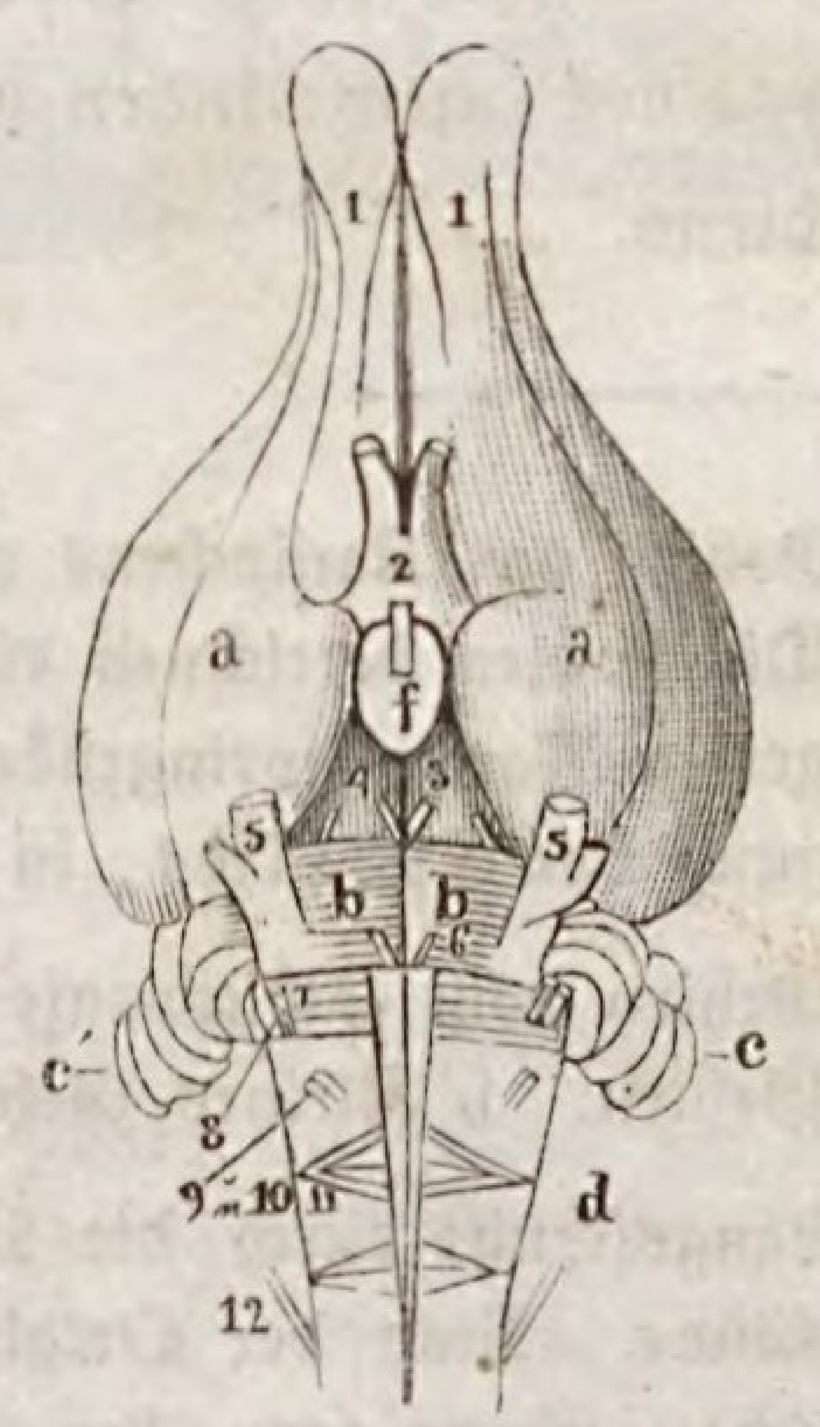


Fig. 134.†) a. f. S.



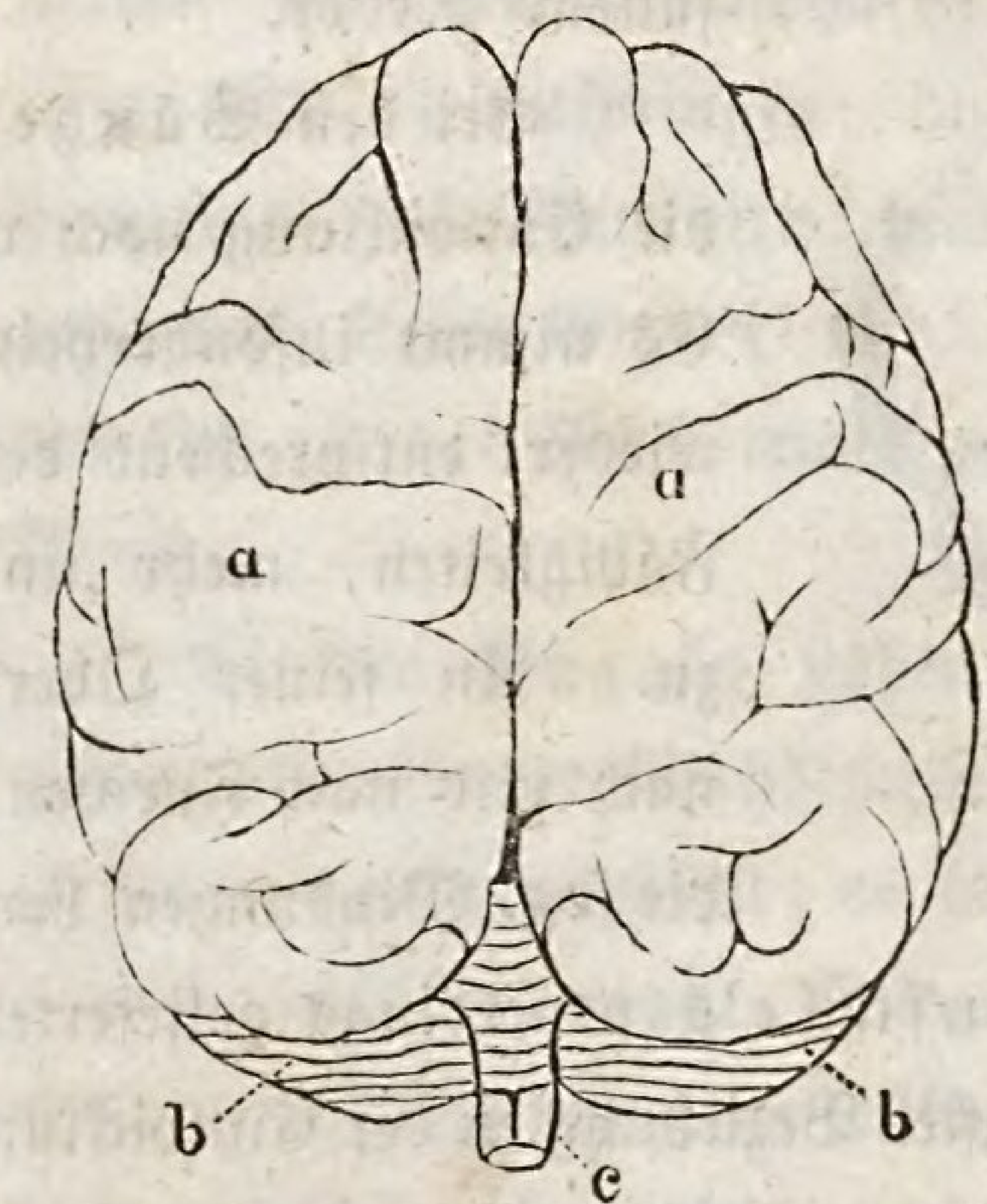
*) Gehirn des Habichts von unten. 6 nerv. abducens. (Fig. 130, 131 und 132 nach Rud. Wagner: Icon. zootom. Taf. XII. Fig. 2, 3, 4.)

**) S. dessen „Schädel, Hirn und Seele." S. 132.

***) Gehirn des Kaninchens (von oben gesehen). a Hemisphären des großen Gehirns. c Mittlerer, c'c' seitliche Theile des kleinen Gehirns. d Verlängertes Mark. e Zirbeldrüse.

und eines Affen (Fig. 135). — Beim Menschen hat das Gehirn den

Fig 135. *)



höchsten Grad der Ausbildung erlangt. Das große Gehirn überwiegt alle übrigen Theile ganz bedeutend an Größe; es zeichnet sich durch die große Anzahl und scharfe Ausprägung seiner Windungen an der Oberfläche aus, und bedeckt, von oben gesehen, das Mittelhirn und selbst das kleine Gehirn ganz. In Fig. 136 (a. f. S.)**) sehen wir die Abbildung eines menschlichen Gehirnes und zwar den Längsschnitt eines Kinderhirns.

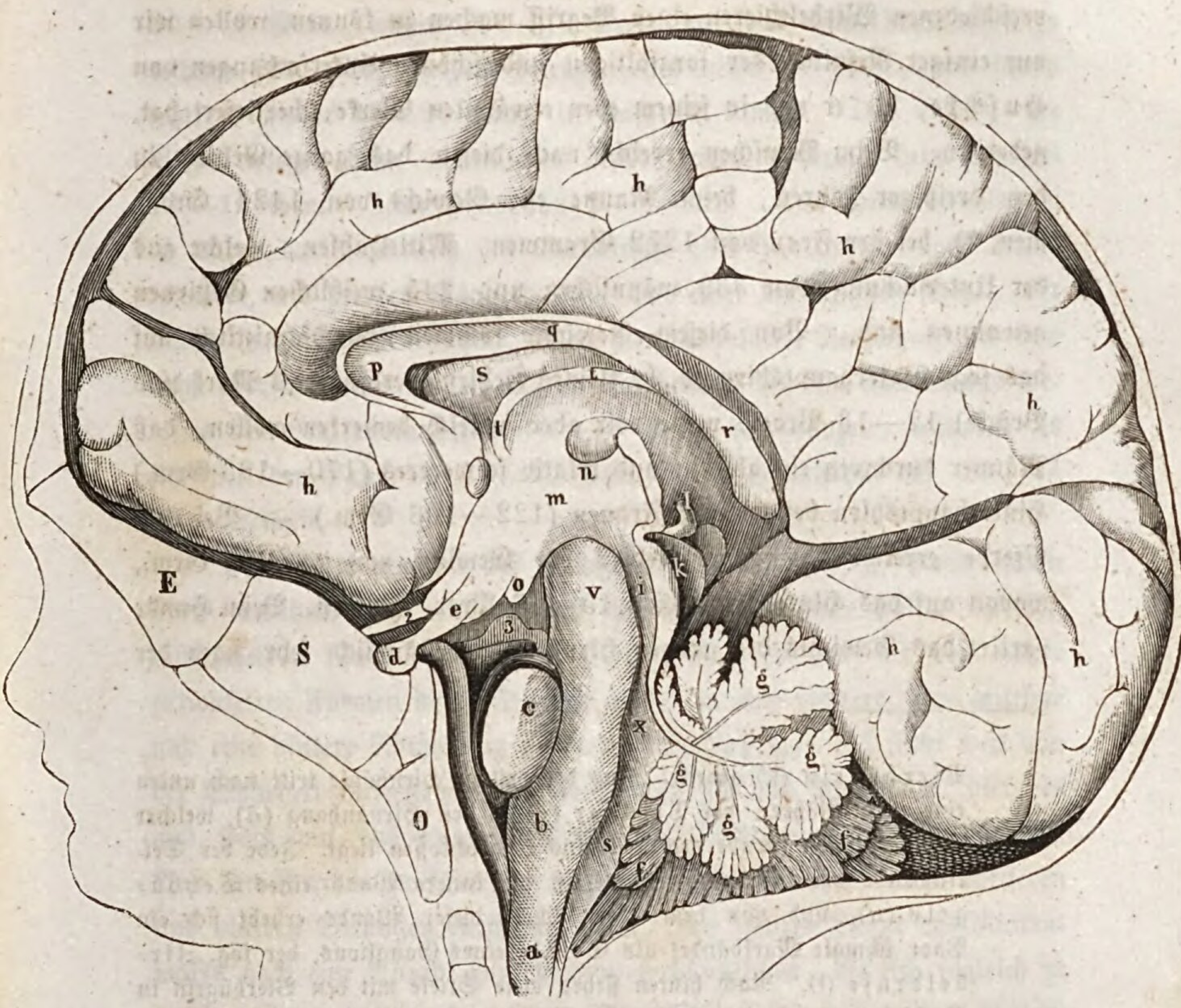
---

†) Gehirn des Kaninchens von unten gesehen. bb Brücke. f Hirnanhang. Die Zahlen bezeichnen die von der Basis des Gehirns und vom verlängerten Mark entspringenden zwölf Nervenpaare. (Nach der Originalzeichnung von Eschricht, in dessen „Das physische Leben." 1852. S. 299.)

*) Gehirn vom Schimpanse (von oben), nach Tiedemann. a Großes Gehirn. b Kleines Gehirn. c verlängertes Mark.

**) Längsschnitt durch die Mittellinie des Kopfes von einem neugeborenen Kinde. Nach der Originalzeichnung von Eschricht in dessen trefflichen Vorträgen über das „physische Leben." 1852. S. 294. Wir geben Eschricht's Beschreibung nachstehend fast wörtlich wieder: „Vom großen Gehirn liegt die inwendige Fläche der rechten Hälfte (hhh), vom kleinen Gehirn ebenfalls die inwendige Fläche des rechten Seitentheils (ff) unverletzt am Tage. Am mittleren Theile des kleinen Gehirns (gg) sieht man, wie sich die Nervenröhrenmasse wiederholt in Platten theilt, die von grauer Hirnmasse bekleidet sind und das Bild

Fig. 136.



des sog. „Lebensbaumes" darbieten. — Vom Rückenmark (a) aus steigt das verlängerte Mark (b) in die Höhe; ein Bündel (s) tritt von ihm aus in das kleine Gehirn. Die übrigen Bündel steigen theils durch die Querfasern der Brücke (c) hindurch, theils über sie hinweg nach oben (v), um durch die Sehhügel (n) und gestreiften Hügel in die Gehirnmasse fächerförmig auszustrahlen. Unter (vor) dem kleinen Gehirn liegt die vierte Hirnhöhle (x), die nach unten offen ist und sich in den sog. Centralkanal des Rückenmarks fortsetzt, nach oben aber durch den sog. Sylvischen Gang (i) mit der dritten Hirnhöhle (m) in Verbindung steht. Dieser Gang wird vom kleinen Gehirn aus erst von einer sehr dünnen Markplatte, dann von den

Um uns von den Größenverhältnissen der einzelnen Hirntheile bei verschiedenen Wirbelthieren einen Begriff machen zu können, wollen wir nur einiger Resultate der sorgfältigen und schönen Untersuchungen von Huschke, die er uns in seinem eben erwähnten Werke überliefert hat, gedenken. Beim Menschen erreicht nach diesen das ganze Gehirn in den dreißiger Jahren, beim Manne ein Gewicht von 1424 Grammen,*) bei der Frau von 1272 Grammen, Mittelzahlen, welche aus der Untersuchung von 339 männlichen und 245 weiblichen Gehirnen gewonnen sind. Von diesem Gewichte kommen durchschnittlich auf das sog. Hinterhauptshirn (d. h. kleines Gehirn, verlängertes Mark und Brücke) 12—13 Proc., wobei wir aber sogleich bemerken wollen, daß Männer durchweg ein absolut und relativ schwereres (170—183 Grm.) Hinterhauptshirn besitzen, als Frauen (122—166 Grm.). — Bei dem Pferde erreicht das ganze Gehirn ein Gewicht von ca. 628 Grm., wovon auf das Hinterhauptshirn 15—17 Proc. kommen. Beim Hunde variirt das Gewichts des ganzen Hirns selbstverständlich sehr nach der

---

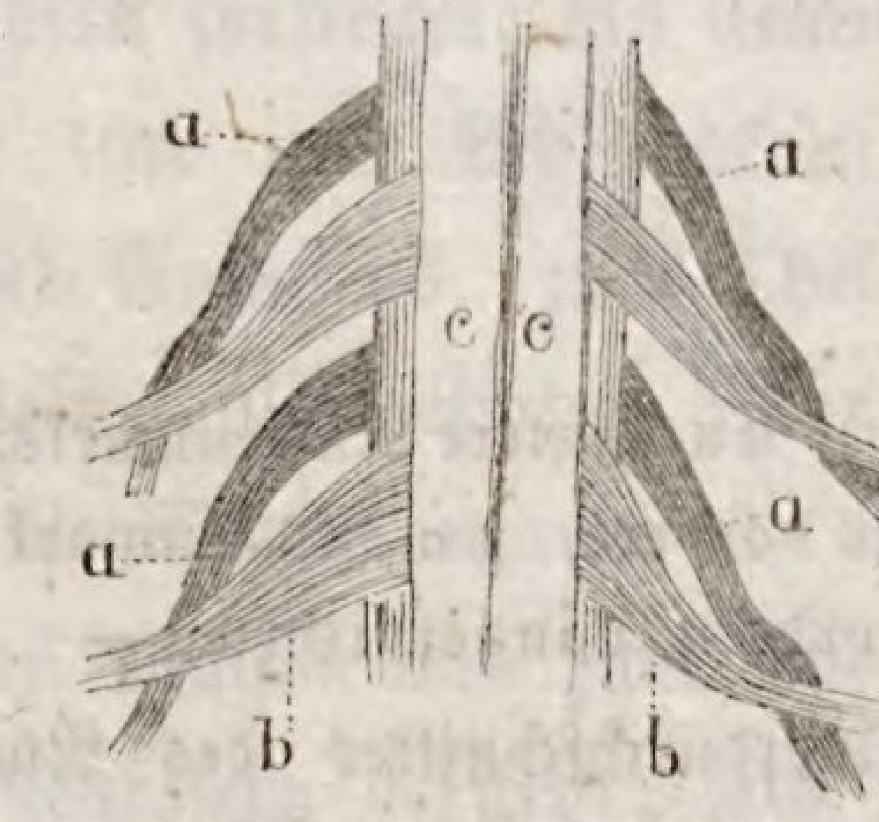
Vierhügeln (k) gedeckt. Aus der dritten Hirnhöhle tritt nach unten eine zarte Röhre: der Trichter (e) in den Hirnanhang (d), welcher in einer tiefen Grube des Keilbeins eingeschlossen liegt. Jede der Seitenwände der dritten Hirnhöhle ist die innere Wand eines Sehhügels (n), und von dem obern Theile dieser Wände erhebt sich ein Paar schmale Markbündel als Stiele eines Ganglions, der sog. Zirbeldrüse (l). Nach hinten stehen diese Stiele mit den Vierhügeln in Verbindung und treten als eine Gränzfalte zwischen der dritten Hirnhöhle und jenem Gange (i) herab. Diese Falte wird die hintere Hirncommissur genannt. Ein Hauptgebilde ist der Balken (pqr), von welchem dicht an der Mittellinie eine dünne Nervenplatte, die durchsichtige Scheidewand (s) herabsteigt. Diese befestigt sich wieder an dem Gewölbe (tt). Es wird dieses von zwei Nervenbündeln gebildet, die sich an jeder Seite fast kreisförmig um die Ausstrahlung der übrigen winden. Sie steigen nämlich aus den Sehhügeln hervor, gelangen bis an die untere Fläche des Gehirns, biegen sich hier um, welche Umbiegung den Namen „der Warzenkörper" (o) erhalten hat, erheben sich darauf als eigentliches Gewölbe (t) und winden sich wieder unter dem Balken nach außen auf die untere Gehirnfläche herab. — E Das durchschnittene Siebbein. S Das Keilbein. O Das Hinterhauptsbein. —

*) 1000 Gramm = 1 Kilogramm sind = 2 Pfund Zollvereinsgewicht.

Größe des Thieres; bei den größeren Racen beläuft es sich aber auf 60—70 Grm., wovon 14—17 Proc. auf das Hinterhauptshirn zu rechnen sind. Bei Katzen beträgt jenes etwa 29 Grm., von denen letzteres wieder 18—21 Proc. in Anspruch nimmt. Das Gehirn der Vögel wiegt: beim männlichen Raben circa 9 Grm., beim Gansert 11—13 Grm., beim Haushahn 2—4 Grm. Das Hinterhauptshirn ist dabei durchschnittlich im Verhältniß zum Vorderhirn noch etwas schwerer, als bei den Säugethieren; nur einer der klügsten Vögel, der Rabe, macht eine Ausnahme, indem hier das relative Verhältniß sich dem beim Menschen obwaltenden nähert. Es beträgt bei ihm nämlich das Gewicht des Hinterhaupthirns 10—13 Proc. des Ganzen, während es sich bei der Gans auf 19—22 Proc., beim Haushahn auf 20—24 Proc. beläuft.

Das Rückenmark der Säugethiere betreffend, so wurde schon oben erwähnt, daß man überall eine rechte und linke Hälfte desselben unterscheiden kann. Jede dieser Hälften ist aber hier bei den höher entwickelten Formen durch Furchen wieder in eine vordere, eine mittlere und eine hintere Abtheilung geschieden, so daß man sich nicht weit von der Wahrheit entfernen wird, wenn man sich das Rückenmark hier als aus sechs auf das Engste verbundenen Strängen bestehend vorstellt. Aus den Furchen zwischen den vorderen und mittleren, und mittleren und hintern Strängen entspringt nun, der ganzen Länge des Rückenmarks nach eine Anzahl von Nervenfaserbündelchen, die sich sogleich zu größern Bündeln zusammenfügen (Fig. 137). Jedes von der hintern

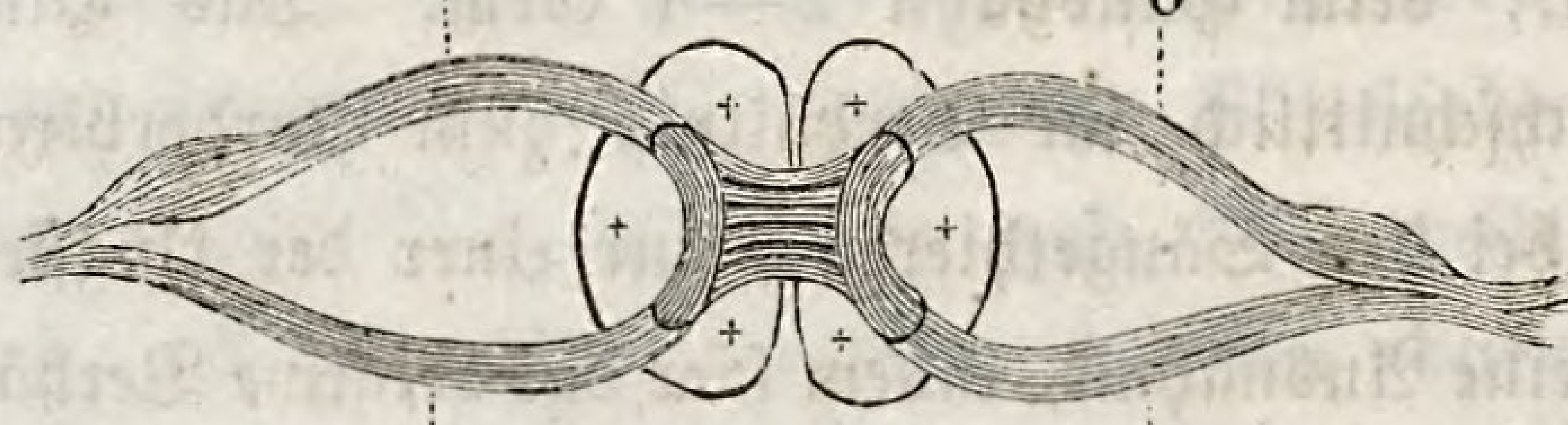
Fig. 137.*)



*) Schema des Austritts der Rückenmarksnerven aus dem Rückenmark

Furche auslaufende Bündel eines hintern Stranges bildet sodann alsbald eine gangliöse Anschwellung und verbindet sich darnach mit je einem Bündel des vordern Stranges derselben Seite (Fig. 138) und beide,

Fig. 138. *)



in eine gemeinschaftliche Zellgewebsscheide eingeschlossen, verlassen nun, durch die zwischen den Wirbelkörpern befindlichen Oeffnungen hindurchtretend, den Rückenmarkskanal, um sich in der Peripherie des Körpers zu verbreiten. Die Zahl der in dieser Weise aus dem Rückenmarkskanal hervortretenden Nervenbündel ist bei verschiedenen Wirbelthieren verschieden. Schon hier aber wollen wir eines den Namen von Charles Bell verewigenden Fundamentalsatzes der Nervenphysiologie gedenken, des Satzes nämlich, daß die von den hintern Strängen des Rückenmarks entspringenden Nervenbündel nur aus Empfindungen leitenden, sog. sensibeln Fasern, die von den vordern entspringenden dagegen nur aus Bewegung vermittelnden, sog. motorischen Fasern bestehen. Die vorstehende Abbildung eines Theiles des Rückenmarkes (Fig. 137 u. 138) wird die Anordnung der Rückenmarksstränge, so wie die übrigen eben erwähnten Verhältnisse klar machen. —

(von vorn gesehen), aa hintere Rückenmarksnerven mit einer gangliösen Anschwellung, bb vordere, cc Rückenmark mit der mittleren und den beiden seitlichen vordern Längsfurchen. —

*) Schema eines Querdurchschnittes des Rückenmarkes. In der Mitte der weißen Substanz (†) befindet sich der graue, kreuzförmige, wesentlich aus Ganglienzellen bestehende Kern, von dessen vordern und hintern Hörnern die Fasern der vordern (a) und hintern (b) Rückenmarksnerven auslaufen.

Mit den vom Gehirn entspringenden Nerven verhält es sich anders. Sie laufen sämmtlich von der Basis des Gehirns aus, haben aber nichts desto weniger theils motorische, theils sensible Eigenschaften, wornach darauf zu schließen ist, daß sie, ähnlich den sensibeln und motorischen Fasern des Rückenmarks, auch verschiedenen Centraltheilen zugehören. Auch die Zahl dieser Gehirnnerven variirt bei verschiedenen Wirbelthieren; der die Mimik der höhern Thiere bedingende Gesichtsnerv schwindet z. B. bald bei den weniger hoch entwickelten. Bei jenen finden sich dagegen allgemeine zwölf Paare, von denen zwar einige ihren Ursprung vom eigentlichen Rückenmark nehmen, in so fern aber doch hierher gezählt werden, als sie durch Oeffnungen im Schädel, wie die übrigen Gehirnnerven hervortreten. Es folgen diese zwölf Paare, deren Kenntniß ein allgemeines Interesse hat, in folgender Reihe: Zunächst nach vorn liegt das Riechnervenpaar; ihm folgt der Sehnerv, der die Gesichtsempfindungen vermittelt; sodann der das Auge bewegende und zu der Mehrzahl seiner Muskeln tretende Nerv; sodann der pathetische Nerv, der, zu einem besondern Muskel gehend, das Auge nach oben rollt und ihm den Ausdruck des Erhabenen verleiht; sodann der dreigetheilte Nerv, der, ähnlich den Rückenmarksnerven, aus einer vordern und hintern Wurzel besteht und fast allen Gesichtstheilen die Empfindlichkeit verleiht. Als sechstes Paar folgt der das Auge nach auswärts wendende, den verächtlichen Blick hervorrufende Nerv, der sog. Nerv. abducens; als siebentes Paar der Gesichtsnerv, der das mimische Spiel der Gesichtsmuskeln leitet; als achtes Paar der Gehörnerv, der sich in dem Innern des Ohres verbreitet, und den Eindruck der Schallwellen zum Gehirn fortleitet; als neuntes der Zungenschlundkopfnerv, der zur Zunge und zum Schlundkopf geht, um die Bewegungen der Zunge und des Gaumens, zum Theil auch die Geschmacksempfindungen zu vermitteln; als zehntes Paar der herumschweifende Nerv, Nerv. vagus, der die Stimmorgane, die Lungen, zum Theil das Herz, das Zwerchfell, den Magen und zum Theil die Leber mit motorischen und sensibeln Nervenfasern versieht; als elftes der Zungenbeinnerv, der die Bewegungen des Zungenbeins vermittelt und als zwölftes Paar endlich der Beinerv des zehnten Paares, der diesem motorische,

aber auch sensible aus dem Rückenmark entspringende Fasern beimischt. —

So schreitet der Bau des Nervensystems von der einfachsten Form, von seinem Bestande aus wenigen Fasern, bis zu dem complicirtesten Apparate fort. Bei den Echinodermen nur aus ringförmig verbundenen Fasern bestehend, zeigt es bei den Würmern zuerst eine Scheidung in centrale und peripherische Theile, in Ganglien und Nerven. Die ganglionären Anschwellungen als Centraltheile nehmen dann immer mehr an Größe und Umfang zu (so in der Classe der Weichthiere) oder mehren sich an Zahl (so bei den Gliederthieren), bis endlich Gehirn und Rückenmark als mächtige Centraltheile den peripherisch verlaufenden Nerven gegenüberstehen. Von einem besondern Eingeweidenervensystem findet sich bei den Stachelhäutern nichts, bei den kopflosen Weichthieren tritt dasselbe zuerst andeutungsweise in Form einzelner Fasern auf, bis sich bei den höhern Weichthieren auch eigne Centraltheile für dieses System bilden, die, ebenfalls wieder an Zahl und Größe zunehmend, endlich auch wieder in den höhern Wirbelthieren die höchste Ausbildung erlangen und in ihrer Verbindung mit Rückenmark und Gehirn die so wichtige Verbindung der vegetativen und animalen Lebensvorgänge vermitteln. — Wir sehen in diesen Verhältnissen das Princip der Arbeitstheilung, als das den Aufbau des Thierreichs regelnde und von Milne-Edward's so geistreich entwickelte, dargelegt. Anfangs gar kein besonderes Organ, kein besonderer Apparat zur Vermittlung von Empfindungen und Bewegungen, dann einzelne, wenige Nervenfasern, dann centrale und peripherische Theile, Ganglien und Nervenfasern, dann ständige Vermehrung dieser Theile und schließlich noch ein besonderes System von Fasern und Ganglien zur Regulirung gewisser vegetativer Vorgänge. Die Ansprüche an das Thier wachsen von Stufe zu Stufe, seine Aufgaben, seine Arbeiten werden größer und umfangreicher, und um ihnen Genüge leisten zu können, wählte die Natur das Mittel einer Vertheilung der Arbeit an immer mehre gleichartige oder verschiedene Organe.

Wir haben bis dahin nur von dem Bau des Nervensystems und seinen elementaren Formbestandtheilen gesprochen. Woraus aber sind

dieselben zusammengesetzt? Wie verhält sich der Form gegenüber die Mischung? Wie in Betreff der feinern anatomischen Verhältnisse, so befinden wir uns auch hier noch sehr am Eingange einer tieferen Erkenntniß; wir müssen es beklagen, daß, wie überall, so auch hier der vergleichend anatomischen Untersuchung nur noch sehr vereinzelt die für den Ausbau einer vergleichenden Physiologie so dringend erforderliche vergleichende Chemie zur Seite steht. Dennoch aber ist auch in dieser Beziehung neuerdings ein schöner Anfang gemacht, und, wie wir im Allgemeinen anerkennend das Unternehmen Schloßberger's, in einem größeren Werke die vergleichend-chemischen, bisher ermittelten Thatsachen zusammenzustellen, hervorheben müssen, so haben wir in Bezug auf unsern besondern Gegenstand seiner eigenen Arbeiten sowohl, als insonderheit der trefflichen Forschungen von Bibra's, denen sich die von Hauff, Walther, Lehmann u. A. anschließen, zu gedenken. — Im Allgemeinen hat sich aus denselben ergeben, daß verschiedene Theile des Nervensystems auch eine verschiedene chemische Zusammensetzung haben; es zeigt sich jedoch diese Verschiedenheit nicht sowohl in der Qualität der constituirenden Mischungsbestandtheile, als in deren Quantität. Ueberall finden sich Wasser (zwischen 65 und 85 Proc.), eiweißartige Verbindungen, eine mit Unrecht bisher den Fettsäuren zugezählte phosphor- und stickstoffhaltige Säure, die sog. Cerebrinsäure, eine ebenfalls wohl unrichtig bisher den Fetten beigezählte phosphor- und stickstofffreie Verbindung, das sog. Cholestearin, *) verschiedene zum Theil phosphorhaltige Fettsäuren (u. a. Frémy's Oleophosphorsäure **) und unorganische Verbindungen, insonderheit

---

*) Vgl. über diese Stoffe: Schloßberger's Versuch einer allgemeinen und vergleichenden Thierchemie. 1854. Abschnitt: Nervengewebe. S. 33 fg. — Die Formel für die Cerebrinsäure ist nach Frémy $= C_{54} H_{50} NO_{12}$ (mit Vernachlässigung des Phosphorgehaltes); die Formel für das Cholestearin nach Heintz $= C_{28} H_{24} O$. — Schloßberger weist zuerst auf die sehr interessante und wichtige Beziehung dieser Stoffe zu den wesentlichen Bestandtheilen der Galle und namentlich auf die Analogie der Zusammensetzung der Cerebrinsäure mit der der Cholsäure ($C_{52} H_{43} NO_{12}$ nach Strecker), einem Hauptbestandtheil der Galle, hin. —

**) Wir wollen es nicht unbemerkt lassen, daß Gobley die Oleophosphor-

phosphorsaures Kali, phosphorsaures Natron, phosphorsaurer Kalk, phosphorsaure Magnesia, phosphorsaures Eisenoxyd, Kochsalz und schwefelsaures Kali als die wesentlichsten Bestandtheile vor. Die Mengenverhältnisse dieser Bestandtheile variiren nun aber in verschiedenen Theilen des Nervensystems und bei verschiedenen Thieren beträchtlich, so daß es in der That unmöglich ist, eine allgemeine chemische Formel für die Zusammensetzung der Nervensubstanz aufzustellen. So fanden Hauff und Walther im menschlichen Gehirn:

in der grauen Substanz: 84,8—86,6 Proc. Wasser u. 4,85 Proc. Aetherextract, *)

in der weißen Substanz: 69,6—70,6 Proc. Wasser u. 14,9—16,9 Proc. Aetherextract;

so fand ferner von Bibra, daß beim Menschen und den bis dahin untersuchten Säugethieren und Vögeln der Fettgehalt des Rückenmarks größer sei, als der des Gehirns; z. B. verhielt sich der Fettgehalt des Gehirns zu dem des Rückenmarks beim Menschen = 14,4 Proc. : 25,45 Proc.; bei der Katze = 13,1 Proc. : 22,46 Proc.; der Wassergehalt und der Gehalt an eiweißartigen Verbindungen dagegen im Rückenmark geringer sei, als im Gehirn. Ebenfalls von v. Bibra wurde fernerhin ermittelt, daß trotz des im Ganzen größern sog. Fettgehaltes im Rückenmark die Menge der phosphorhaltigen Cerebrinsäure in diesem doch geringer sei als im Gehirn. Und in gleicher Weise

---

säure sowohl, als die Cerebrinsäure und das Cholestearin sowohl im Dotter des Hühnereies, als in den Eiern und der sog. Milch der Karpfen, so wie auch im Blute gefunden haben will. „Es wären hiernach," sagt Schloßberger, „die merkwürdigsten Stoffe des Nervengewebes schon im Blute und Ei vorgebildet, und sie brauchten dann nicht in den nervösen Elementarorganen erzeugt, sondern nur von denselben vorzugsweise angezogen und organisch abgelagert zu werden." —

*) Es sind dies die eigenthümlichen, als sog. Gehirnfette bezeichneten, in Aether löslichen Stoffe, welche wir oben als Cerebrinsäure, Cholestearin und fette Säuren aufgeführt haben.

finden sich bedeutende Verschiedenheiten bei verschiedenen Thieren. Bei den Vögeln u. A. ist der Wassergehalt des Gehirns und Rückenmarks größer, als bei den Säugethieren und dem Menschen; der Fettgehalt des Gehirns und Rückenmarks ist dagegen fast durchgehends bei den Thieren um so geringer, je niedriger das Thier in der Thierreihe steht. Es ist dieser Befund in der That von hohem Interesse und um so mehr, als man bis dahin mehrfach der Ansicht war, daß der Phosphorgehalt des Gehirns eine besondere Beziehung zu der höhern oder geringern Intelligenz, den Leistungen des Thieres überhaupt, besitze. Allein abgesehen davon, daß man sich von der Art des Vorkommens und der Verbindung des Phosphors im Gehirn eine ganz unrichtige Vorstellung machte, daß man annahm, der Phosphor sei als ein ungebundener Körper in der Nervensubstanz gelöst, von Bibra hat durch seine Untersuchungen dieser Ansicht wohl jeden Grund genommen. „Ich „bin," sagt er, „durch eine Reihe von Untersuchungen zu der Ueber„zeugung gelangt, daß der Phosphor, welcher im Gehirn gefunden „wird, zwar unbedingt ein integrirender Bestandtheil mehrer „Fette" „desselben ist, und mithin ohne Zweifel auch unumgänglich nöthig ist „für die Zusammensetzung des Gehirns überhaupt; daß aber eine grö„ßere oder geringere Menge dieses Körpers keineswegs mehr oder „weniger Intelligenz bedingt, Blödsinn oder Tobsucht erzeugt, oder „daß sich bei höher stehenden Thieren eine größere Menge derselben „nachweisen ließe, als bei niedern Classen. Die Phosphormenge, welche „im „Gehirnfette" gefunden wird, wechselt bei den verschiedenen Thier„classen, ohne irgendwie im Verhältnisse zu stehen mit der höhern oder „niedern Stufe, auf welcher das Thier steht." *) — Wohl will es dagegen nach den bisherigen Untersuchungen scheinen, daß die bislang als „Fette" bezeichneten Stoffe allerdings in einer nähern Beziehung zu der Intelligenz stehen, als irgend ein andrer Bestandtheil. Nach von Bibra ist das Gewicht des Gehirns eines Thieres im Verhältniß zu dem Gewicht des übrigen Körpers um so größer, je höher das Thier in der Thierreihe steht; aber in ganz gleicher Weise nimmt

*) Liebig und Wöhler's Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 91. Hft. 1.

auch der Fettgehalt in aufsteigender Reihe zu. So z. B. betrug der Gesammtgehalt des Gehirns an in Aether löslichen Stoffen in je 100 Theilen der ganzen Masse:

beim Frosch	7 — 8 Proc.
„ Feldhuhn	9 „
bei der Gans	10 „
beim Falken	13,8 „
bei der Maus	7 — 9 „
beim Kaninchen . . .	9 „
„ Schaaf.	14 „
„ Pferd	16 „
„ Hund	15—17 „
„ Menschen	14,4 „

Und auffallend genug, fand sich eine Ausnahme von dem ersten Gesetze, war das Gehirn eines niedriger stehenden Thieres relativ größer, als das eines unbedingt über ihm stehenden, so hatte das Gehirn einen um so geringeren Fettgehalt, während umgekehrt relativ sehr kleine Gehirne einen sehr großen Fettgehalt zeigten. — Von einer andern Seite her verdanken wir wieder Schloßberger sehr interessante Mittheilungen, und zwar betreffen dieselben die unorganischen Bestandtheile der Gehirnsubstanz. Schloßberger fand nämlich, daß die früher schon von Lassaigne in einem einzelnen Falle und an einem kranken Gehirn gemachte Beobachtung einer alkalischen Reaction der Asche der grauen Rindensubstanz und einer sauren Reaction der Asche der weißen Substanz auch für das normale Gehirn des Menschen und der höhern Säugethiere Geltung habe. Wir werden damit auf das Vorhandensein chemischer Gegensätze in der Gehirnsubstanz aufmerksam gemacht, und daß diese nicht ohne Einfluß auf die Ernährungsvorgänge der Nervencentra selbst sowohl, als auf electrische Vorgänge sein können, wurde schon früher einmal hervorgehoben (S. Bd. I. S. 300).

Doch es sind das Alles nur Anfänge. Ueberaus lückenhaft sind bis dahin unsere Kenntnisse von dem feinern Bau, wie von der chemischen Zusammensetzung der einzelnen Theile des Nervensystems. —

Wenn aber Anatomie und Chemie, verbunden mit der Physik das Fundament aller Physiologie des thierischen Organismus bilden, können wir dann bei dem gegenwärtigen Stande der Dinge schon eine ausreichende Erklärung der vom Nervensystem ausgehenden Lebenserscheinungen auch nur erwarten? — Groß ist die Zahl bedeutender Physiologen, die sich mit bewundernswerthem Fleiß und Geschick diesem schwierigen Gebiete der Forschung zuwandten; durch die Arbeiten eines Charles Bell, Magendie, Joh. Müller, Longet, Rud. Wagner, Bernard, Marshall-Hall, Volkmann, Ludwig, Budge, Schiff u. A. ist bereits eine lange Reihe physiologischer Thatsachen entwickelt; aber dennoch stehen wir hier mehr, als in irgend einen andern Theil der Physiologie am Eingange, und fragen wir gar nach dem innern Wesen und dem letzten Grunde der Nerventhätigkeit, so beginnt erst eben durch die freilich bewunderungswürdigen Arbeiten du Bois-Reymonds ein Lichtstrahl das tiefste Dunkel zu erhellen. Dürftig kann also auch das nur ausfallen, was wir in Folgendem über die Verrichtungen des Nervensystems mittheilen können. Was bis dahin jedoch als Resultat langjähriger Forschungen gewonnen ist, wollen wir in seinen wesentlichen Zügen und so weit es Gegenstand allgemeiner physiologischer Betrachtungen sein kann, zusammenzufassen suchen. —

Was ist es zunächst, das sich in den Nervenröhren und Nervenzellen umtreibt, die Kraft, die an jene gefesselt und in ihnen erzeugt, in tausend Erscheinungen des thierischen Lebens sich kundgiebt? Ist es eine besondere Nervenkraft, ein Imponderabile eigener Natur? Sind es Schwingungen, die sich, wie in einer Flüssigkeit mit Schnelligkeit durch den Inhalt der Nervenröhren, bald in dieser, bald in jener Richtung fortpflanzen? Ist es ein elektrischer Strom, der sich, wie an den Drähten eines elektro-magnetischen Apparates, die Nervenröhren entlang verbreitet und an den centralen oder peripherischen Enden derselben zur Wirkung kommt? Wir deuteten es so eben schon an, daß erst in jüngster Zeit ein erster Lichtstrahl auf diese bisher in vollstes Dunkel gehüllten Fragen fiel; denn ob auch die schon länger gehegte und oftmals ausgesprochene Vermuthung, daß es sich im Nervensystem um elektrische Vorgänge handle, um so mehr an Wahrscheinlichkeit ge-

wann, je weiter die Einsicht in das weite Gebiet dieser Vorgänge sowohl, als die Leistungen des Nervensystems selbst vordrang, es fehlte jener Vermuthung bis dahin noch immer die thatsächliche Stütze, der experimentelle Beweis. Seit wenigen Jahren aber sind wir im Besitze eines solchen, und es ist du Bois-Reymond's unsterbliches Verdienst, denselben mit einer bewundernswerthen Schärfe geliefert zu haben. Es läßt sich noch nicht ermessen, wohin ein weiterer Verfolg der begonnenen, durch geniale Ideen ebensowohl, als durch geschickteste und beweiskräftige Ausführung ausgezeichneten Untersuchungen führen wird; aber dennoch dürfen wir behaupten, daß die Physiologie seit langer Zeit durch keine Entdeckung der Art überrascht und bereichert ist, als eben durch diejenigen, welche uns durch das große Werk du Bois: „Untersuchungen über die thierische Electricität. Berlin 1848 und 49" mitgetheilt wurden. Was dieses Werk bietet, ist zu umfangreich, um hier auch nur einen oberflächlichen Begriff davon geben zu können; selbst eine die große Anzahl einzelner Resultate zur Anschauung bringende auszügliche Mittheilung gestattet der Raum dieser Blätter nicht. *) Wollen wir es aber dennoch versuchen, den für uns wesentlichen Kern des Ganzen herauszuheben, so möchte sich derselbe in möglichster Kürze etwa in folgenden Sätzen zusammenfassen lassen:

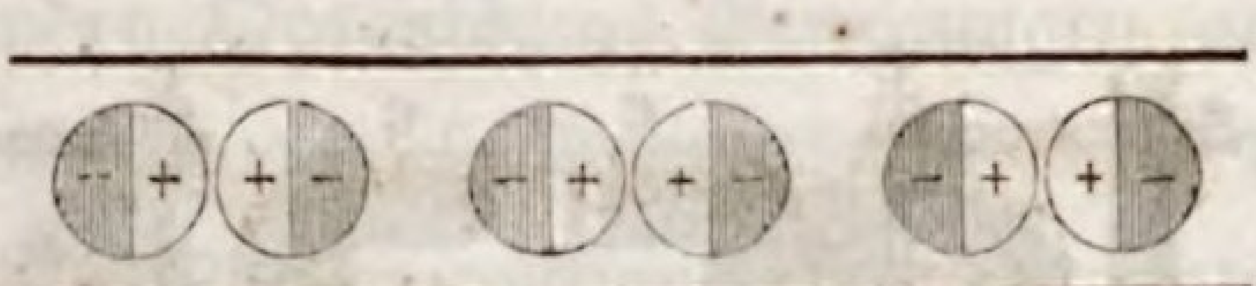
Die Nervenröhre, als unthätig oder ruhend im lebenden Organismus gedacht, ist ein electromotorischer Apparat, „eine Quelle electrischer Ströme." Aus dem lebenden Körper herausgenommen läßt sich von ihr, und zwar von jedem einzelnen Theile derselben, wenn auch nur noch kurze Zeit nach dem Tode, ein electrischer Strom ableiten, ein Strom, dessen Vorhandensein durch die die Magnetnadel umkreisenden Drähte eines Multiplicators angezeigt wird, der aber nur dann entsteht, wenn die Leitungsdrähte des angewandten Apparates mit bestimmten, von du Bois näher bezeichneten Punkten der Oberfläche

---

*) Eine treffliche Zusammenstellung der du Bois'schen Forschungen findet sich in dem auch in weiteren Beziehungen sehr empfehlenswerthen Werke Eckardt's: „Grundzüge der Physiologie des Nervensystems. Gießen 1854," so wie in dem gleichfalls sehr zu empfehlenden „Lehrbuch der Physiologie" von Dr. O. Funke. Leipzig 1855.

oder des Querschnittes des zur Untersuchung verwandten Theilstückes des Nerven verbunden sind. Um diese Erscheinungen zu erklären, muß man sich nothgedrungen vorstellen, daß der seinen chemischen Bestandtheilen nach oben beschriebene Inhalt der Nervenröhre aus Tausenden kleinster Molekeln mit entgegengesetzter Polarität bestehe, der Art jedoch, daß sich dieselben ihre gleichnamigen Pole (Fig. 139) zukehren, d. h. pe-

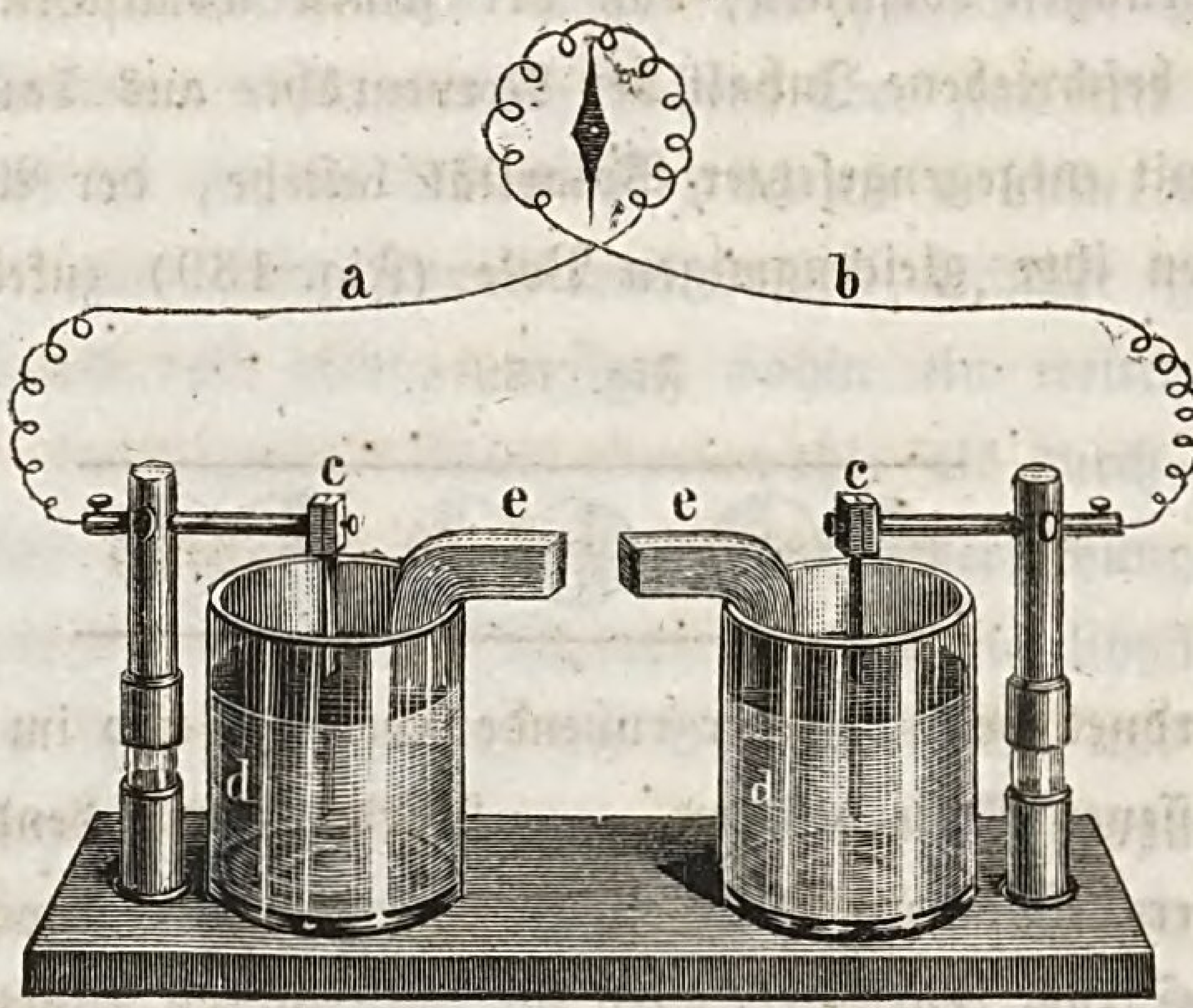
Fig. 139 a.



ripolar geordnet sind, daß der ruhende Nerv sich also im Zustande einer sog. geschlossenen Kette befindet. — Wird dieser ruhenden Nervenfaser jetzt an einer beliebigen Stelle ein in einem andern Apparat entwickelter electrischer Strom zugeführt, wird ihr, mit andern Worten, durch einen sog. constanten Strom eine „Erregung" mitgetheilt, so geräth der Nerv in Folge davon in den sog. „electrotonischen" Zustand. Es wird dieser Zustand dadurch herbeigeführt, daß sich der nur auf einen kleinen Abschnitt der Nervenröhre ausgeübte Eindruck dem ganzen Nerven mittheilt, und zwar der Art, daß „der ganze Nerv unter Beibehaltung seiner ursprünglichen Stromentwicklung auf allen Punkten im Sinne des zugeführten, erregenden Stromes electromotorisch wirksam wird." Selbstverständlich müssen dadurch die originären Ströme eine Alteration erfahren, der Art, daß je nachdem der zugeführte electrische Strom dieselbe oder die entgegengesetzte Richtung des originären Stromes besitzt, der letztere einen Zuwachs oder eine Abnahme erfährt. Daß dem aber wirklich so ist, zeigt wieder die Magnetnadel, die je nach dem ersteren oder letztern Falle durch den abgeleiteten Strom zu einer größeren oder geringeren Abweichung veranlaßt wird, als zuvor. Um auch diese Erscheinungen zu erklären, nimmt du Bois an, daß die im ruhenden Nerven peripolar geordneten Molekeln im electrotonischen Zustande desselben, d. h. also durch den zugeleiteten Strom (s. Fig. 139 b a. f. S.), bipolar, d. i. wie in einer galvanischen Säule geordnet sind. — Aber dieser dem Nerven zugeführte constante Strom giebt dem Nerven, wie die Versuche lehren, nicht diejenige Erregung, durch welche der mit ihm in Verbindung stehende Muskel zur Thätig-

keit, zur Zuckung veranlaßt wird; nur in dem Augenblick, wo

Fig. 189 b.*)



die den hinzuzufügenden Strom leitende Kette geschlossen oder geöffnet wird, sieht man den mit dem Nerven in Verbindung stehenden Muskel zucken. Es kann also die Erregung des Nerven durch einen constanten

---

*) Die vorstehende Figur giebt ein Schema der Einrichtung des du Bois'schen Multiplicators. — Die beiden Enden des Multiplicatordrahtes ab, der eine Magnetnadel umkreist, werden nicht unmittelbar mit den zu prüfenden Theilen des Nerven in Berührung gebracht, sondern sind mit Platinblechen cc verbunden, deren Oberfläche durch Glühen und Behandlung mit Aetzkali und Salpetersäure vollkommen metallisch rein gemacht ist. Diese Platinbleche tauchen jedes in ein mit concentrirter Kochsalzlösung gefülltes Cylinderglas dd; so weit sie über die Flüssigkeitsoberfläche vorragen, sind sie mit Firniß überzogen. An den einander zugekehrten Rändern der Gläser tauchen dicke, mit Kochsalzlösung getränkte Bäusche, ee, von über einander geschichtetem Fließpapier, deren eines Ende über den Rand hinweg gebogen und mit einem von Eiweiß durchtränkten Häutchen überkleidet ist. Zwischen diese beiden Bäusche wird der zu prüfende Nerv so eingeschaltet, daß die zwei auf ihr gegenseitiges elektromotorisches Verhalten zu prüfenden Punkte des Nerven je einen der Bäusche berühren. — Die Bäusche und Gläser können selbstverständlich beliebig weit von einander entfernt werden. — (Nach O. Funke.)

electrischen Strom nicht derjenigen gleich sein, welche bei der Thätigkeit des Nerven im lebenden Organismus in Frage steht; daß dagegen der Muskel in dem Augenblicke der Schließung oder Oeffnung der den hinzuzufügenden Strom leitenden Kette, in dem Augenblick also, wo eine Alteration des originären Nervenstromes eintritt, zuckte, führte zu der Vermuthung, daß der sog. unterbrochene electrische Strom dasjenige sei, was den Nerven in ähnlicher Weise errege, wie der Wille oder andre im lebenden Organismus Bewegungen auslösende Einflüsse. Man wählte jetzt also, um diese Vermuthung durch das Experiment zu prüfen, statt des zugeführten constanten, einen unterbrochenen Strom und der Erfolg zeigte alsbald, daß die Vermuthung die richtige war. Bei Application des unterbrochenen Stroms auf eine beliebige Stelle des zu prüfenden Nerven zeigte der mit demselben in Verbindung stehende Muskel beständige Zuckungen, die sich bei rascher Aufeinanderfolge der Unterbrechungen des zugeleiteten Stromes als krampfhafte Zusammenziehung des Muskels kund gaben. An der den Nervenstrom selbst bezeichnenden Magnetnadel gab sich aber bei diesem Versuche als Summe der vielfachen, rasch auf einander folgenden Alterationen des ursprünglichen Stromes eine sog. negative Schwankung kund, die uns als Anzeichen gelten darf, daß in und durch den eigenthümlichen Thätigkeitsact des lebendigen Nerven eine Verminderung der nach außen gerichteten electromotorischen Kräfte des Nerven bedingt werde. Ganz den gleichen Effekt aber, wie dieser unterbrochene Strom, hatten endlich Reize der verschiedensten Art, die auf den zu prüfenden Nerven applicirt wurden und nachgewiesener Maaßen an der Stelle der Application die chemische Zusammensetzung seines Inhaltes alterirten. du Bois sowohl, als Eckhardt fanden, daß Säuren oder Alkalien in Lösungen von bestimmter Concentration, daß hohe Wärme- oder Kältegrade, daß ferner Druck, Schlag oder Zerrung des Nerven nicht nur den mit ihm in Verbindung stehenden Muskel zur Zuckung brachten, sondern den originären electrischen Nervenstrom auch in gleicher Weise alterirten, wie jener auf den Nerven applicirte unterbrochene electrische Strom; die Gesammtalteration des originären Stromes gab sich auch hier durch die Magnetnadel als eine „negative Schwankung“ kund.

Das sind in allgemeinsten Zügen die wesentlichsten Resultate der Forschungen von du Bois-Reymond. Nach ihrer Feststellung wird Niemand mehr zweifeln, daß es sich im lebenden Nerven in der That um electrische Vorgänge handelt, wenn auch in ganz andrer Art und Weise, als man bisher in dunkler Ahnung sich vorgestellt hatte. Es schließen sich diesen Forschungen unmittelbar die nicht minder ausgezeichneten Untersuchungen von Helmholtz an, der uns den Nachweis lieferte, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung eines Nerven bei verschiedenen Thieren variire, durch Kälte vermindert werde, beim Menschen aber in einer Secunde 61,5 Meter (1 Met. = 3,07 Par. F.) betrage. In gleicher Weise hat Eckhardt sich großes Verdienst um die Erweiterung der in Rede stehenden Forschungen erworben. *) Aber ob damit auch schon ein großer Schritt vorwärts gethan ist, wie manche Frage bleibt dennoch zu lösen! — Wodurch wird denn der electromotorische Zustand des ruhenden Nerven selbst erzeugt? Was macht die Tausende von Molekeln, aus denen wir uns den Inhalt der Nervenröhre zusammengesetzt denken können, electrisch? Was tritt im Organismus an die Stelle des dem Nerven im Experimente zugeführten unterbrochenen electrischen Stromes und ruft diejenige Alteration des von ihm abzuleitenden Stromes hervor, welche die Magnetnadel als negative Schwankung desselben bezeichnet? Geistreich betrachtet Huschke das große, wie kleine Gehirn als die großen electrischen Apparate, von welchen aus den Nerven der elektromotorische Zustand mitgetheilt wird und in welchen diejenigen electrischen Ströme entwickelt werden, welche den originären Nervenstrom alteriren, während andrerseits eine primäre Alteration dieser auf die Strömungen in den Centralapparaten verändernd einwirken. Die Hemisphären des großen und kleinen Gehirns sollen dabei „zwei colossale Plattenpaare," die unzähligen Verbindungsfasern zwischen ihnen „die feuchten Leiter," andere bestimmte Theile, so wie die peripherischen Nerven selbst „die Schließungsdrähte," die che-

---

*) Der Raum gestattet nicht, hier näher darauf einzugehen. Der Verf. verweist aber auf Eckhardt's oben erwähntes Werk.

mischen Vorgänge des Stoffwechsels in der Gehirnsubstanz endlich das den electrischen Strom selbst Erzeugende sein. Es stimmt damit allenfalls, daß wenn wir die Nervenröhre an irgend einer Stelle ihres Verlaufes durch einen Schnitt trennen und also ihre Verbindung mit den Centraltheilen aufheben, der jener Nervenröhre zugehörige Theil des Organismus, je nach der Natur derselben, seine Bewegung oder seine Empfindung verliert; daß ferner der Gehalt an Säuren und Basen in der grauen und weißen Substanz des Gehirns ein verschiedener ist (vergl. S. 90). Allein es entbehrt jene Vorstellung, so verlockend sie ist, bis dahin thatsächlicher Nachweise und nur die Möglichkeit, vielleicht selbst die Wahrscheinlichkeit des Geschehens ist uns mit ihr dargethan. Und eben so dunkel ist eine zweite Frage. Was zwingt denn den Muskel selbst zur Zuckung, wie wirkt der Nervenstrom auf den Muskel ein? Wir werden zwar später erfahren, daß auch der Muskel an und für sich ähnliche electrische Erscheinungen darbietet, wie der ruhende Nerv, und die Erkenntniß der negativen Stromschwankung im thätigen Nerven im lebenden Organismus führt uns nur zu leicht zu der Vermuthung, daß es sich hier um electrische Wechselbeziehungen handelt, daß vielleicht zwischen Muskel- und Nervenstrom ähnliche Anziehungen und Abstoßungen Statt haben, wie zwischen den gleichnamigen und ungleichnamigen Polen zweier Magnetstäbe. Doch auch hier werden wir noch gänzlich an die Zukunft verwiesen, die uns bei so glänzenden Gewinnsten, wie sie uns du Bois-Reymond zugeführt hat, auch in dieser Beziehung wohl zur Erwartung weiterer thatsächlicher Aufschlüsse berechtigt. Wie endlich verhält es sich mit den Centraltheilen des Nervensystems selbst? Wie kommt der Wille selbst an ihnen zur Geltung, wie wird er zur bewegenden Kraft? Welcher physikalische Vorgang in den Ganglienzellen entspricht dem Schmerz, welcher dem Wohlgefühl? In welcher Beziehung stehen die Thätigkeiten des Geistes zu den Ganglienzellen des Gehirns? — Genüge es, diese Fragen angedeutet zu haben; eine Lösung derselben ist schwerlich jemals zu erwarten und jeder Versuch einer Erklärung bis dahin ein nur zu vergeblicher. —

Beschränkt also auf das eine, freilich sehr bedeutungsvolle Wissen von dem Vorhandensein electrischer Ströme in den Nervenröhren, von der verschiedenartigen Alteration dieser Ströme durch verschiedene auf

die Nerven ausgeübten Eindrücke, von der Abhängigkeit endlich der Muskelbewegung von dem Eintritt einer bestimmten Alteration des originären Nervenstromes, entbehren wir, wenn auch nicht mehr der leitenden Ideen, doch der Einsicht in den tiefern Zusammenhang und letzten Grund der gesammten Nerventhätigkeit. Wie steht es dem gegenüber um unsre Kenntniß von den Verrichtungen des fraglichen Apparates und seiner einzelnen Theile? Um Vieles besser leider! nicht. Was sich aber aus Tausenden physiologischer Experimente, aus Beobachtungen an Kranken, so wie aus Versuchen am gesunden Organismus ergeben hat, fügt sich dennoch mehr und mehr zu einem Ganzen zusammen, und bei einer nicht geringen Anzahl bereits ermittelter Thatsachen nähern wir uns doch wenigstens nach und nach einer Einsicht in den Zusammenhang und das Zustandekommen jener wunderbar mannigfaltigen Leistungen, welche dem Nervensystem angehören.

Im Allgemeinen haben wir oben diese Leistungen schon angedeutet. Es ist das Nervensystem der die Sinnesempfindungen und körperlichen Bewegungen vermittelnde Apparat; es ist von dem bedeutsamsten Einfluß auf den Ernährungsproceß des Körpers, auf den Stoffwechsel, auf Wachsthum oder Abnahme der Körpermasse, auf Absonderungen u. s. w., eine Leistung, der wir ihrer hohen praktischen, nicht immer genugsam gewürdigten Bedeutung halber von vorn herein mit besonderm Nachdruck gedenken wollen; es ist endlich das Nervensystem das Organ der gesammten Geistesthätigkeiten, jener Thätigkeiten, durch welche der Mensch eben, im höchsten Grade ihrer Ausbildung, zu der dem Zwecke der Schöpfung entsprechenden Höhe der geistigen Anschauung emporgehoben wird, welche andrerseits in engster Beziehung stehen zu der uns ihrem Wesen nach unbekannten Seele. Wie aber kommen diese einzelnen Leistungen zu Stande? Welche Theile des Nervensystems dienen vorzugsweise diesen, welche jenen Verrichtungen?

Um diese Fragen zu beantworten, müssen wir uns zunächst des Gegensatzes erinnern, welcher, wie in anatomischer, so auch in funktioneller Beziehung zwischen den die eigentlichen Centraltheile des Nervensystems constituirenden Ganglienzellen und den mit ihnen in Verbindung stehenden und sich nach allen Richtungen und in allen Organen des Körpers ausbreitenden Nervenröhren existirt. Es sind diese letztern in

der That nur als Leitungsröhren, gewissermaaßen als Leitungsdrähte, zu betrachten, welche entweder einen am peripherischen Ende empfangenen Eindruck den Centralorganen überliefern, oder eine in diesen entstehende Erregung auf diejenigen Theile des Organismus fortleiten, welche bewegt werden sollen. Die Ganglienzellen oder Centraltheile selbst sind es dagegen, in denen die Empfindung zum Bewußtsein gelangt, der Wille seine ersten Angriffspunkte findet, um zur That zu werden, und die Geistesthätigkeiten ihren Sitz haben, oder in denen ohne Wissen und Willen des Menschen oder Thieres in verschiedenartiger Weise Erregungen zu Stande kommen, die, auf Bewegung vermittelnde Nervenröhren übertragen, körperliche Bewegungen hervorrufen. Den Beweis für dieses Verhältniß finden wir in der jeder Zeit zu bestätigenden, einfachen Thatsache, daß, sobald die Nervenröhren an irgend einer Stelle ihres Verlaufes zwischen Centrum und Peripherie durchschnitten werden, der von ihnen versorgte Körpertheil „gefühllos" wird, die auf ihr peripherisches Ende ausgeübten Eindrücke nicht mehr zu den Centralorganen fortgeleitet werden und zum Bewußtsein kommen, der Wille andrerseits aber auch nicht länger auf jenen Theil zu wirken vermag, die Bewegung vielmehr „gelähmt" ist. — Um diesem Zwecke zu entsprechen, bewahren die Nervenröhren, wie wir bereits wissen, sämmtlich, wenn auch oft zu dichten Bündeln vereinigt, dennoch von der äußersten Endigung an bis zu den Centraltheilen hin ihre vollständige Selbständigkeit und bilden in dieser Weise Tausende von Bahnen für die Empfindung oder Bewegung hervorrufenden electrischen Ströme, ein Verhältniß, welches zu der Aufstellung eines physiologischen Gesetzes, des „Gesetzes der isolirten Leitung der Nervenröhren" Veranlassung gegeben hat. Es ist dabei ferner, wie wir ebenfalls schon angedeutet haben, die Einrichtung getroffen, daß, wenigstens bei den höhern Thierformen, eine Anzahl der in der Peripherie des Körpers verlaufenden Fasern im lebenden Organismus nur in centripetaler Richtung leitet, nur Empfindung vermittelt (sensible Nervenröhren), eine andere dagegen nur in centrifugalem Sinne thätig ist, nur Bewegungen hervorruft (motorische Fasern), eine Thatsache, welche der Erklärung manche Schwierigkeit darbietet. Wenn man sich jedoch erinnert, daß

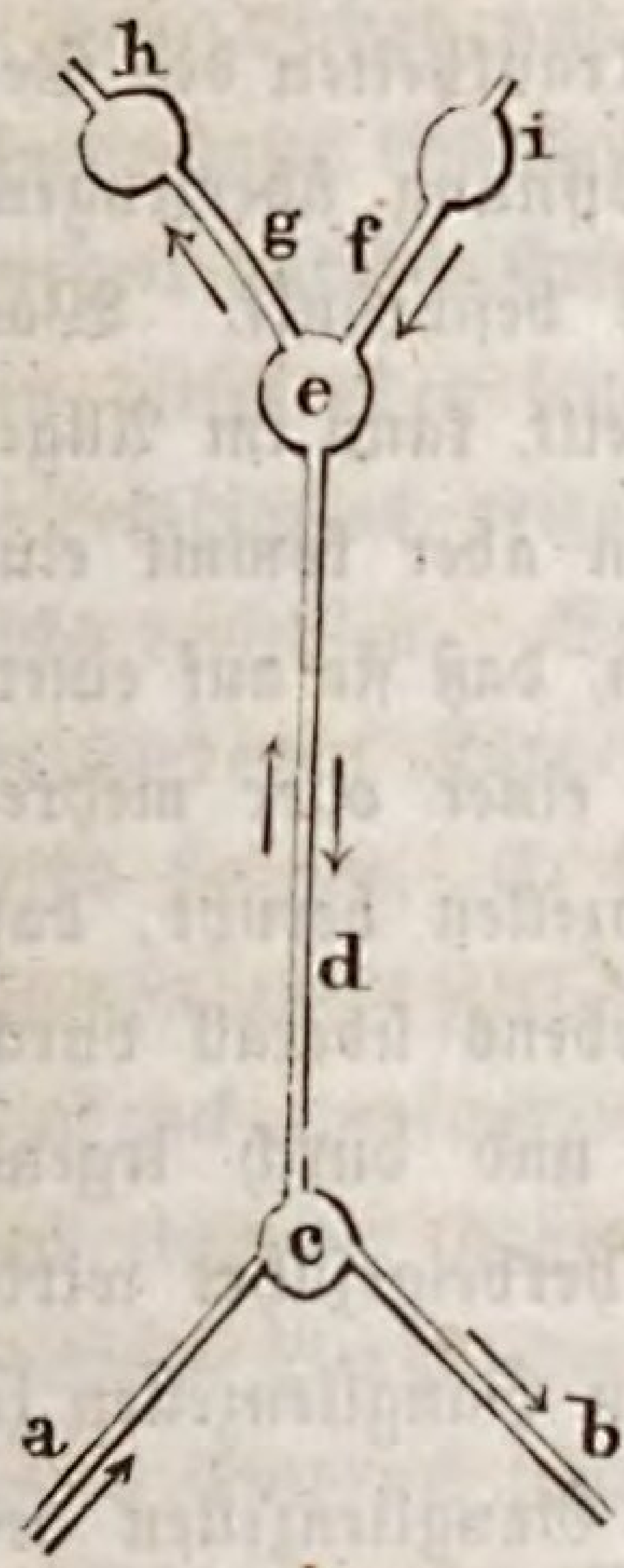
die Fasern weder in anatomischer, noch in chemischer Hinsicht Verschiedenheiten darbieten, wenn ferner du Bois-Reymond jetzt nachgewiesen, daß auch das physikalische Verhalten beider Fasern ein gleiches ist, daß sich von der sensibeln Faser dieselben electrischen Ströme ableiten lassen, wie von der motorischen, daß in beiden durch gleiche Erregungen auch die gleichen Alterationen der Ströme herbeigeführt werden, so werden wir mit Nothwendigkeit zu der Annahme hingedrängt, daß jene verschiedenartige Leistung beider Arten von Fasern im lebenden Organismus nur abhängig ist einmal von einer Verschiedenheit der centralen Verbindung mit verschiedenen Ganglienzellen, und andrerseits von einer Verschiedenheit der peripherischen Endigungen oder einer Verbindung mit verschiedenen Organtheilen. Wir müssen uns vorstellen, daß die sensible Faser nur deshalb sensibel ist, weil nur sie mit den zur Aufnahme von Eindrücken bestimmten Organen in einer zu solcher Aufnahme geeigneten Weise verbunden ist, nur sie mit jenen eigenthümlichen Endvorrichtungen versehen ist, durch welche sie eben zur Aufnahme von Licht, Schall, Druck u. s. w. geschickt gemacht wird (s. oben S. 64), nur sie mit denjenigen Centralpunkten in Verbindung steht, durch welche die Empfindung selbst vermittelt wird, daß andrerseits aber die motorische Faser nur deshalb motorisch ist, nur deshalb Bewegungen hervorruft, weil nur sie mit denjenigen Centraltheilen in Verbindung steht, in denen die erste Anregung für den Bewegung hervorrufenden Strom entsteht, nur sie ferner mit denjenigen Organtheilen unmittelbar und in geeigneter Weise verbunden ist, welche bewegt werden sollen. — Nach den neuesten Untersuchungen von Owsjannikow*) hat dies Verhältniß jedoch nur bei den sich in der Peripherie des Körpers verzweigenden Nerven Statt, während die von den Ganglienzellen des Rückenmarks zum Gehirn aufsteigenden Fasern sowohl vom Rückenmark zum Gehirn (centripetal), als vom Gehirn zum Rückenmark (centrifugal) leiten, sowohl Sensibilität als Bewegung vermitteln sollen. Bestätigt sich diese wichtige Entdeckung, so würden wir für den einfachen nervösen Apparat der Wirbelthiere folgendes

---

*) Mikroscopische Untersuchungen über die Structur des Rückenmarkes. Inaugural-Dissertation. Dorpat 1854.

Schema aufstellen können (Fig. 140): a wäre ein sensibler in das

Fig. 140.



Rückenmark eintretender Nerv. Er verbindet sich der Rückenmarksganglienzelle c. Durch die Faser d wird die Erregung auf eine Gehirnganglienzelle e, und von dieser durch die Faser g auf h, eine die Empfindung vermittelnde Ganglienzelle des Gehirns fortgeleitet. i wäre eine Bewegung vermittelnde Ganglienzelle des Gehirns, die Faser f leitet die in ihr entstandene Erregung auf e fort, von hier wird dieselbe wieder durch die Faser d auf die Rückenmarksganglienzelle c übertragen, und von dieser endlich auf die eine Muskelbewegung hervorrufende Faser b. —

Es empfinden also die Nervenröhren nicht selbst, noch entsteht beim normalen Bestande des Lebens in ihnen selbst die die Muskelbewegung herbeiführende Erregung; sie leiten nur fort, was ihnen entweder an der Peripherie oder an ihrem centralen Ende an Erregung gegeben wird, und das Gehirn erst ist der Ort, wo die auf die sensibeln Nerven ausgeübten Eindrücke dasjenige hervorrufen, was wir Empfindung nennen, oder diejenigen Erregungen motorischer Fasern entstehen, vermittelst welcher Bewegungen der Muskeln ausgelöst werden. Bekannt mit diesem für alle nervenphysiologischen Betrachtungen wichtigen Verhältniß, fassen wir nunmehr die einzelnen Leistungen des Nervensystems näher ins Auge. —

Was zunächst die Empfindung anbetrifft, so scheint es keinem Zweifel zu unterliegen, daß dieselbe im Gehirn ihren Sitz hat, und zwar insonderheit in dem Mittelhirn und den dasselbe zunächst umgebenden Theilen. Als solche kennen wir die Verbindungsstränge zwischen kleinem Gehirn und Brücke, die sog. Schenkel des großen Gehirns, die Brücke selbst, das verlängerte Mark und gewisse mitten in der Substanz der großen Hemisphären gelegene Parthieen; unempfindlich dagegen sind insonderheit die Oberflächen der Hemisphären und der beide große Hemisphären verbindende „Balken.“ Es ist aus leicht begreiflichen Gründen überaus schwierig, über die Function der einzelnen

Stellen der Centraltheile sichern Aufschluß zu erhalten; Experimente an Thieren geben immer wegen der unvermeidlichen, gleichzeitigen Verletzung mehrer Theile zweifelhafte Resultate, und Krankheiten des Gehirns, von deren Sitz wir uns durch die Leichenöffnung überzeugen, sind äußerst selten auf einzelne Punkte des Gehirns beschränkt. Was wir jedoch über den Sitz der Empfindungen mitgetheilt, kann im Allgemeinen als ausgemacht betrachtet werden. Wie nun aber kommt eine Empfindung zu Stande? Wir dürfen nicht zweifeln, daß sie auf einer, ihrem Wesen nach freilich unbekannten „Erregung" einer oder mehrer den bezeichneten Gehirntheilen zugehörigen Ganglienzellen beruht, daß aber diese Erregung im normalen Bestande des Lebens überall durch die in allen Theilen des Organismus verbreiteten und durch irgend welche Eindrücke erregten sensibeln Nervenröhren herbeigeführt wird, einerlei ob diese letztern direct mit den empfindenden Ganglienzellen in Verbindung stehen, oder sich zunächst mit andern Ganglienzellen des Rückenmarks oder Gehirns verbinden, die ihrerseits dann die empfangene Erregung auf jene übertragen. Die Nervenröhre empfindet also, um es zu wiederholen, nicht selbst. Empfinden wir aber nicht dennoch Schmerz, Wärme, Kälte, kurz alle Eindrücke eben da und an der Stelle, wo sie den Körper treffen? Fühlen wir nicht die Kälte des Eises an der Hand, mit der wir dasselbe berühren, den Schmerz an dem Finger, den wir mit dem Messer verletzen? Verlegen wir nicht die Gesichtsempfindung in das Auge, die Geruchsempfindung in die Nase, die des Schalles in's Ohr, die des Geschmackes in die Zunge? Um diese auffallende Erscheinung zu erklären, müssen wir, nach dem Vorgange von J. Müller und E. H. Weber, annehmen, daß jede sensible Faser ihren besondern Centralpunkt im Gehirn hat, das Bewußtsein aber von der Stelle in der Peripherie des Körpers, welcher dieser Centralpunkt entspricht, also das Ortsbewußtsein der Empfindung erst nach und nach durch die Erfahrung und das Urtheil gebildet wird. So weiß das Kind sicher nichts davon, mit welchem Theile seines Körpers es riecht; erst durch die Erfahrung, daß durch Erweiterung oder Verengerung der Nasenöffnungen eine Zunahme oder Abnahme der Geruchsempfindung veranlaßt wird, kommt es dahin, die Geruchswahrnehmung selbst in die Nase zu verlegen. So führt in einem andern Falle das Kind, an der

Peripherie des Körpers von einem Reize getroffen, abwehrende Bewegungen aus; aber diese Bewegungen sind, je jünger das Kind ist, um so ungeschickter und richtungsloser, ja es weint vielleicht über eine schmerzhafte Empfindung, ohne zu wissen, woher sie kommt; erst das Urtheil und die Erfahrung belehren es, daß diese oder jene Empfindung von dieser oder jener besondern Stelle des Körpers herrührt und erst sie befähigt es, reizabwehrende Bewegungen auszuführen, welche ihr Ziel nicht verfehlen. So ist es ferner eine bekannte Thatsache, daß wir an verschiedenen Körperstellen eine überaus verschiedene Feinheit des Gefühls besitzen. E. H. Weber fand, daß die Berührung mit den beiden Spitzen eines Zirkels nur dann als doppelter und nicht als einfacher Eindruck empfunden werde, wenn die Spitzen eine gewisse Entfernung von einander haben, für verschiedene Körperstellen aber eine sehr bedeutende Verschiedenheit dieser Entfernung erforderlich sei, um den doppelten Eindruck zum Bewußtsein zu bringen. An der Zungenspitze wird z. B. der doppelte Eindruck wahrgenommen, wenn die Zirkelspitzen ½''', an den Fingerspitzen, wenn sie 1''', am dritten Fingergliede und an der Nasenspitze, wenn sie 3''', am Rücken des ersten Fingergliedes, wenn sie 7''', am Handrücken, wenn sie 14''', am Fußrücken, wenn sie 18''', in der Mittellinie des Rückens wenn sie 24—30''' von einander entfernt sind; bei geringerer Entfernung verursacht die Berührung mit beiden Spitzen an den betreffenden Theilen immer nur die Empfindung eines Eindruckes. Mag dieses Verhältniß aber auch zum Theil vielleicht von einer ungleichen Anzahl der sensibeln Nervenfasern oder ihrer Endverzweigungen in verschiedenen Körpertheilen abhängig sein, ist es auch möglich, daß es durch die Verbindung der einzelnen Nervenröhren feiner empfindender Theile mit je einer Ganglienzelle und durch die Insertion mehrer Fasern von gröber empfindenden Theilen in eine, diesen mehren Fasern gemeinschaftliche Ganglienzelle herbeigeführt wird, zum Theil ist es sicher dadurch bedingt, daß wir über die eine Oertlichkeit und die sie treffenden Eindrücke eine größere Erfahrung, ein richtigeres Urtheil besitzen, als über die andere. In all diesen Fällen erfolgt nun aber der Act des Urtheils selbst schon frühzeitig und in Folge oftmaliger Wiederholung und Uebung so rasch, ist so unmittelbar mit der Erregung eines empfindenden Centralpunktes verbunden, daß wir

seiner gar nicht bewußt werden. Eben so wenig, wie wir etwas davon wissen, daß der dem peripherischen Ende des Nerven zugefügte Eindruck erst die Nervenbahn bis zum Gehirn durchläuft, bevor wir ihn empfinden, eben so wenig wissen wir etwas davon, daß noch eine weitere Operation zwischen dem Moment der Ankunft der Erregung im Gehirn und dem Moment, wo wir uns des Ortes, von wo diese Erregung ausging, bewußt sind, in der Mitte liegt. Verletzung eines peripherischen Hautnervenendes, Schmerzempfindung und Bewußtsein von dem Orte, wo die Verletzung Statt hatte, fallen scheinbar in einen Moment zusammen, ein Verhältniß, welches nicht auffallend mehr erscheinen kann, seit wir durch Helmholtz's schöne Untersuchungen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung eines Nerven kennen gelernt haben.

Es steht mit diesen Verhältnissen in engstem Zusammenhang, daß Reizungen, die dem sensibeln Nerven an irgend einer Stelle seines Verlaufes zugefügt werden, immer doch als an dem peripherischen Ende desselben statthabend empfunden, dorthin von unserm Urtheil verlegt werden, eine Erscheinung, die Jedem aus der Wahrnehmung einer kribbelnden Empfindung im fünften Finger und an der Innenseite der Hand bei einem Stoße auf den dort auslaufenden Ellenbogennerv an der Stelle des Ellenbogens bekannt ist, die ferner bei Amputirten zu dem Gefühle des Schmerzes oder Vorhandenseins eines abgenommenen Gliedes führt und die der Physiologie zur Aufstellung des „Gesetzes der peripherischen Uebertragung oder excentrischen Erscheinung" Veranlassung gegeben hat. Es ist dabei jedoch zu bemerken, und auch hierüber verdanken wir E. H. Weber sehr lehrreiche Versuche, daß wenn ein Nerv in seinem Verlaufe von einem Eindruck getroffen wird, die Empfindung selbst eine wesentlich andere wird, als wenn derselbe Eindruck das peripherische Ende trifft. So wird z. B. durch Kälte, auf die Mitte des Ellenbogennerven applicirt, zwar peripherisch, im fünften Finger u. s. w. eine Empfindung hervorgerufen, aber kein Kälte-, sondern ein unbestimmtes Schmerzgefühl. Es steht diese Erscheinung jedoch mit dem obigen Gesetze nicht im Widerspruch, wir erklären sie vielmehr dadurch, daß die besonderen Vorrichtungen an den Enden der Nerven oder ihre Beziehung zu den umgebenden Theilen allein den Nerv in den Stand setzen, dem Gehirn auch über besondere

Qualitäten der Eindrücke zu berichten, dieser Bericht also mangelhaft ausfallen muß oder auch gar nicht erfolgt, wenn der Eindruck nicht die peripherische Endigung, sondern den Stamm des Nerven trifft.

Von dem engen Zusammenhange zwischen bestimmten mit sensibeln Fasern in Verbindung stehenden Ganglienzellen und solchen, die die Empfindung zum Bewußtsein bringen, scheint es endlich auch abzuhängen, daß gewisse Erregungen der Sinnesnerven, z. B. des Seh-, Hör- oder Geschmacksnerven, insonderheit die Erregung durch den electrischen Strom, Licht-, Schall- oder Geschmacksempfindungen hervorrufen, ohne daß Auge, Ohr oder Zunge von Licht, Schall oder schmeckenden Substanzen berührt würden. Leitet man einen electrischen Strom bei geschlossenem Auge durch dasselbe, so hat man eine Lichtempfindung, leitet man ihn auf den Hörnerven, so entstehen Schallempfindungen, leitet man ihn durch die Zunge, so nimmt man einen Geschmack wahr. Es scheint, als ob in diesen Fällen durch die Erregung der den erwähnten Nerven zugehörigen Centralpunkte sofort auch jene geistigen Erregungen wiedererweckt oder hervorgerufen würden, welche früher jedesmal mit einer Erregung der betreffenden Nerven und deren Centraltheilen verbunden waren, und ähnlich wie eine Erinnerung oftmals sofort auch eine zweite im Gefolge hat, so scheint die Erregung der unmittelbar mit den Fasern der Sinnesnerven verbundenen Centralpunkte auf diejenigen Ganglienzellen übertragen zu werden, an deren Vorhandensein das Bewußtwerden eines Sinneseindruckes gebunden ist. Daß aber die Sinnesnerven überhaupt eine sog. „specifische Energie" besitzen, d. h. daß der Hautnerv nur Gefühl, nicht aber Licht- oder Geruchsempfindungen, der Sehnerv nur Licht-, nicht aber Schallempfindungen u. s. w. vermittelt, beruht zum großen Theil wieder auf der Eigenthümlichkeit der Endapparate dieser Nerven, durch welche sie ausschließlich nur zur Aufnahme dieses oder jenes Eindrucks befähigt werden, und mag zum Theil auch wieder durch eigenthümliche Verbindungen der mit den betreffenden Nerven zusammenhängenden Ganglienzellen mit andern und bestimmten, bis dahin aber unbekannten Theilen des Gehirns, die der eigenthümlichen Erregungszustände der verschiedenen Nerven nun eben als Licht und Farbe, oder als Schall oder Geruch u. s. w. bewußt werden, bedingt sein. —

Daß sich unter Umständen die Erregung einzelner Ganglienzellen auch auf andere benachbarte, aber ganz verschiedene Empfindungen vermittelnde fortpflanzen kann, wird nach dem Vorhergehenden nichts Befremdendes haben. In der That giebt es aber auch manche Empfindungen, die, ohne von der Peripherie aus hervorgerufen zu sein, oftmals in Begleitung anderer Empfindungen auftreten, wie z. B. ein Schaudern der Haut beim Hören kreischender Töne, ein eigenthümliches Gefühl in den Zähnen bei der gleichen Veranlassung. Wir haben es in diesem Falle mit sog. „Mitempfindungen“ zu thun, eine Erscheinung, die wir in analoger Weise bei den Bewegungen auftreten sehen, und die sich bei manchen Individuen in einer krankhaft gesteigerten Weise vorfindet.

Näher auf die einzelnen Sinnesempfindungen einzugehen ist hier nicht der Ort. In Kürze wollen wir dagegen noch jener Empfindungen gedenken, die durch eine gleichmäßige Erregung einer größern Anzahl von Nervenfasern, vielleicht auch durch eine unmittelbare Erregung gewisser Empfindung vermittelnder Ganglienzellen zu Stande kommen und die wir als „Allgemeingefühle“ bezeichnen. Es gehören dahin vornämlich das Müdigkeitsgefühl, der Hunger, der Durst, der Ekel, und in gewisser Beziehung auch der Schmerz, Gefühle, deren hohe Bedeutung für den Bestand des thierischen Lebens keiner besondern Hervorhebung bedarf. Leider ist es jedoch bis dahin noch nicht gelungen, mit Sicherheit zu bestimmen, welche Centraltheile denselben zum Sitze dienen, ob und welche einzelne Nerven sie hervorrufen. Man hat den Hunger aus der Leere des Magens erklären wollen; allein Bergmann erwähnt schon sehr richtig, daß das Hungergefühl ständig zunehme, der Magen aber nicht leerer, als leer werden könne. Bergmann selbst will ihn aus einer Ueberfüllung der in der Schleimhaut des Magens gelegenen Labdrüsen mit Magensaft und dadurch verursachten Reizung der sensibeln Nervenfasern derselben Haut ableiten, und es spricht dafür der Umstand, daß eine durch gänzlich unverdauliche und wenige Stoffe hervorgerufene Absonderung des Magensaftes momentan den Hunger stillt. Aber auch hiergegen läßt sich einwenden, daß der in dieser Weise momentan gestillte Hunger doch immer rasch wieder hervortritt und rascher, als wenn nur eine geringe Quantität

von wirklichen Nahrungsmitteln genossen ist. Den Durst hat man vorzugsweise aus einer mangelhaften Durchfeuchtung des die sensibeln Gaumennervenenden umgebenden Gewebes erklärt, und momentan läßt sich auch hier das Gefühl durch locale Hülfe, durch Befeuchtung des Gaumens stillen; die mangelhafte Durchfeuchtung jenes Gewebes selbst leitet man aber aus einer allgemeinen Wasserarmuth des Körpers ab, die eben nur an dieser Stelle als solche percipirt, und von den Nerven dem Gehirn angezeigt werde. Es hat diese Erklärung Manches für sich. Doch, wie immer, es darf bei dem Versuche einer solchen und zwar in Betreff der meisten Allgemeingefühle nie übersehen werden, daß es sich hier um Empfindungen handelt, deren Ursache mehr oder weniger im ganzen Organismus oder auf größere Abschnitte desselben gleichmäßig vertheilt ist, daß bei dem Hungerzustande nothwendiger Weise Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung der die Gewebe und also auch die Nerven durchtränkenden Flüssigkeiten entstehen müssen, bei dem Wassermangel nicht nur Blut und Muskel, sondern auch die Nerven wasserarm sind, langdauernde Anstrengungen nicht nur in dem Muskel, sondern auch in der Nervensubstanz selbst chemische Alterationen bedingen, daß endlich all diese Zustände auch die materielle Zusammensetzung der Centralapparate des Nervensystems selbst nicht intact lassen, Verhältnisse, die uns nöthigen, den Grund der Gemeingefühle viel mehr in gewissen, feinern Veränderungen der materiellen Zusammensetzung des ganzen Nervensystems, als in localen Erregungen einzelner Nervenröhren zu suchen und es vielleicht rechtfertigen, die unleugbaren localen Empfindungen im Magen, im Schlunde u. s. w., denen sich übrigens immer ein allgemeines Unbehagen verbindet, nach dem Gesetze der peripherischen Uebertragung (S. 104) zu deuten. —

Als zweite Leistung des Nervensystems haben wir seine Betheiligung bei den B e w e g u n g s e r s c h e i n u n g e n der thierischen Organismen bezeichnet, und die meisten derselben kommen in der That nur durch seine Vermittlung zu Stande. Es gestalten sich hier die Verhältnisse aber sehr verschieden von denjenigen, die wir so eben bei der Empfindung kennen lernten. Während wir von diesen überhaupt nur als bewußten Lebenserscheinungen reden können, müssen wir die Bewegungsvorgänge streng in solche unterscheiden, die zu unserm Bewußtsein ge-

langen oder vielmehr von ihm ausgehen und in solche, die ohne unser Wissen und Wollen von Statten gehn. Freilich können wir hier nur von uns selbst den Ausgang nehmen, denn eben so wenig, wie wir wissen, wie weit sich in der Thierreihe das Empfindungsvermögen hinaberstreckt, haben wir eine Einsicht davon, wie weit die Bewegungen der Thiere als willkürliche oder als unwillkürliche zu betrachten sind. Bei uns selbst vermögen wir eine solche Grenze aber sehr wohl zu ziehen, und getrennt wollen wir demnach auch beide Arten der Bewegung in Betracht ziehen. —

Was zunächst die unwillkürlichen Bewegungen betrifft, so hat eine Anzahl derselben jeden Augenblick ohne unser Wissen und Wollen Statt. Wir wissen nichts davon, daß Lunge und Zwerchfell beim Respirationsakte sich auf und ab bewegen, daß unser Herz in jeder Minute sich so und so oft zusammenzieht, daß das Blut in den Adern fließt, daß Magen und Darmkanal mehr oder weniger ständig wurmförmige Bewegungen ausführen; dennoch aber gehen diese Bewegungen vor sich, und ihre directe Abhängigkeit von gewissen Centraltheilen des Nervensystems steht außer jedem Zweifel. Wie kommen diese Bewegungen zu Stande? Erinnern wir uns, daß ein jeder Bewegungsnerv einerseits mit einer Ganglienzelle, einem Centralpunkte, andrerseits aber mit einem Muskel in Verbindung steht, daß die Bewegung oder Zusammenziehung dieses Muskels Folge einer dem Nerven ertheilten Erregung ist, diese Erregung aber unter normalen Verhältnissen immer von dem Centralpunkte ausgeht, so ist eine doppelte Möglichkeit für die Entstehung derselben vorhanden. Einmal nämlich kann der Erregungszustand der Ganglienzelle auftreten, ohne von andern Theilen des Nervensystems hervorgerufen zu sein, wir haben einen sog. Selbsterregungszustand vor uns, und, auf den Bewegungsnerven übertragen, ruft dieser sog. automatische Bewegungen hervor. Im andern Falle aber kann die Erregung der Ganglienzelle und weiterhin des Bewegungsnerven durch den erregenden Strom einer centripetal leitenden und irgendwo in Erregung versetzten Nervenröhre, ohne daß diese Erregung als Empfindung zu unserm Bewußtsein gelangte, bedingt werden, und wir bezeichnen die in dieser Weise hervorgerufenen Bewegungen als Reflexbewegungen. Als Beispiele der automatischen Bewegungen werden

die Bewegungen des Athmens, so wie die Herzbewegungen angeführt, und man nimmt also an, daß die Centralpunkte der diese Bewegungen vermittelnden Nervenfasern „selbsterregende" sind. Es mangelt uns bis dahin jedoch jede ausreichende Erklärung für das ursächliche Moment dieser Selbsterregung, und immerhin ist die Möglichkeit im Auge zu behalten, daß auch sie Folge der Erregung irgend welcher centripetaler Fasern ist. *) Beispiele der Reflexbewegungen bieten sich dagegen in Menge dar und über ihr Zustandekommen kann man kaum in Zweifel sein. Bringen wir einen Bissen in den Schlund, so erfolgt ohne unser

---

*) Für die Herzbewegungen ist diese Ansicht nicht ohne gewichtige Stützen; denn wenn auch das ausgeschnittene und blutleere Herz noch eine Zeit lang fortpulsirt, so wissen wir doch, daß diese Pulsationen in verstärkter Weise stattfinden, wenn das Herz in Blut getaucht wird, oder der Einwirkung von Sauerstoffgas ausgesetzt wird, daß sich ferner seine ganze Muskelmasse contrahirt, wenn nur einzelne Stellen seiner Oberfläche gereizt werden, diese Contraction dagegen nicht mehr erfolgt, wenn die in dem Herzen selbst gelegenen Ganglien, die, wie wir unten hören werden, hier als die Centralorgane zu betrachten sind, fortgenommen werden (Bidder). — Für die Athembewegungen fehlt es dagegen bis dahin an einleuchtenden Hypothesen. Daß die diese Bewegungen vermittelnden, im verlängerten Mark gelegenen Ganglienzellen nicht, wie man wohl angenommen hat, durch eine Erregung der sich in den Athmungsorganen verbreitenden sensibeln Fasern des zehnten Hirnnervenpaares in Erregung versetzt werden, folgt daraus, daß die Bewegungen auch noch nach der Durchschneidung dieser Nerven fortbestehen, wiewohl ihr Langsamwerden unter diesen Umständen dennoch auch auf einen bedeutsamen Einfluß jenes Nervenpaares auf die fraglichen Ganglienzellen hinweist. Man darf aber im Auge behalten, daß die letztern in Folge irgend welcher centraler Combinationen und einer gewissen ständigen Erregung anderer centripetaler Nerven durch die atmosphärische Luft in den Erregungszustand versetzt werden, wobei sich freilich bis dahin nicht angeben läßt, welches diese Nerven sind. Will man übrigens an der Annahme eines „Selbsterregungszustandes" der hier beim Herzen sowohl, als bei den Athembewegungen in Frage stehenden Ganglienzellen festhalten, so ist für seine etwaige Erklärung die Möglichkeit einer Erregung gewisser Ganglienzellen durch den Sauerstoff mit sich führenden arteriellen Blutstrom nicht zu übersehen, wie ja möglicherweise die andauernden Contractionen des ausgeschnittenen Herzens im Sauerstoffgase Folge einer directen Erregung der Herzganglien selbst und nicht, wie wir eben vermutheten, der centripetalen Fasern derselben durch das Gas sein könnten. —

Wissen und Wollen eine Schluckbewegung; sind die Speisen in dem Magen angelangt, so erfolgen anhaltende wurmförmige Bewegungen desselben; gelangen einige Tropfen Flüssigkeit oder ein fremder Körper in die Luftröhre, so entsteht ein heftiges Husten u. s. w. Alle diese Bewegungen kommen aber in der Weise zu Stande, daß durch den in Frage stehenden Eindruck sensible (centripetale) Nervenröhren erregt werden, und diese Erregung nun, durch einige oder mehre Ganglienzellen hindurch, sofort und ohne unser Wissen und Wollen auf die die Muskelbewegung hervorrufenden Nerven übertragen wird, daß also z. B. in Fig. 140 (S. 101) die in a entstandene Erregung sofort durch c hindurch auf die motorische Faser b übertragen wird, ohne daß das Gehirn durch d davon eine Nachricht erhält. Derartige Reflexbewegungen lassen sich auch im Gebiete der im normalen und wachen Zustande unserm Willen untergebenen oder zugänglichen Muskeln beobachten. Wird einem Schlafenden die Haut irgend eines Körpertheiles gereizt, so führt er, ohne es zu wissen und zu wollen, abwehrende Bewegungen aus. Selbst im wachen Zustande vollführen wir, sobald unsere Aufmerksamkeit in einem gewissen Grade durch andre Gegenstände in Anspruch genommen ist, unbewußt und ohne daß der sie herrufende peripherische Reiz zu unserm Bewußtsein gelangt, Bewegungen der verschiedensten Art, deren ein dritter leicht Zeuge ist. In gewissen krankhaften Zuständen steigern sich diese Reflexbewegungen, je nach dem Grade der Erregbarkeit der Centraltheile des Nervensystems, der Ganglienzellen, oft zu jener bedeutenden Höhe, in welcher sie uns das Bild des „Krampfes" darbieten. Irgend ein Eindruck auf eine oder wenige (sensible) centripetale Nervenfasern wird in diesem Falle, sei es nun, daß er zum Bewußtsein kommt oder nicht, auf gewisse Ganglienzellen übertragen, der Erregungszustand dieser theilt sich rasch mehren oder vielen Ganglienzellen mit, wird den von diesen auslaufenden motorischen Fasern mitgetheilt und in Zuckungen einzelner oder vieler Muskeln giebt er sich kund. Auch das wechselnde Spiel unserer Gesichtsmuskeln, das oft ganz ohne unser Wissen und Wollen, unserer körperlichen wie geistigen Zustände kundgiebt, ist zum Theil als Reflexbewegung aufzufassen. Die die Bewegung dieser Muskeln vermittelnden Ganglienzellen und Nerven werden durch irgend welche durch diesen oder jenen Eindruck erregte sen=

sible (centripetale) Fasern (oder auch von den den geistigen Bewegungen dienenden Centraltheilen des Nervensystems aus) in Erregung versetzt, und in der leisen Bewegung, dem erschlafften oder gespannten Zustande der Muskeln selbst, spricht sich dieselbe aus. — Endlich gehört hierher auch ohne Frage Vieles von dem, was wir bei dem Thiere als „instinktive Handlung" bezeichnen. Viele dieser Handlungen erfolgen sicher ohne Bewußtsein des Thieres auf irgend welche äußere oder innere Reize, es sind, mit einem Worte Reflexbewegungen. Doch die nähere Erörterung dieses Gegenstandes würde uns hier zu weit führen; genüge es also, auf die weite Ausdehnung und Bedeutung der fraglichen Bewegungen nur hingewiesen zu haben. —

Wir haben schließlich noch einer bemerkenswerthen Erscheinung, der sog. Mitbewegungen, die ebenfalls meistens ohne unser Wissen und Wollen erfolgen, zu gedenken. Es ist bekannt, da wir manche Bewegungen nicht isolirt auszuführen vermögen, dieselben vielmehr ohne unsern Willen von andern Bewegungen, und eben den sog. Mitbewegungen begleitet sind. So bewegen sich beim Beugen des fünften Fingers in der Regel mehre Finger der Hand, so verziehen sich die Gesichtsmuskeln leicht bei diesen oder jenen Anstrengungen, z. B. beim Violinspielen u. s. w. Es haben diese Bewegungen ohne Frage in dem engen Verbande und einer nur durch lange Willensübung zu verhindernden gleichzeitigen Erregung mehrer motorischen Fasern zum Ausgangspunkt dienender Ganglienzellen ihren Grund, und wir erklären sie uns also leicht aus der Uebertragung des durch den Willen oder durch centripetale Fasern herbeigeführten Erregungszustandes gewisser Ganglienzellen auf andere, mit jenen in näherem Zusammenhang stehende. Durch eine krankhafte Erregbarkeit der Centraltheile des Nervensystems können auch diese Mitbewegungen einen abnormen Grad der Ausdehnung und Stärke erlangen. So wissen wir z. B. daß Kinder, die am sog. Veitstanz leiden, einen Gegenstand nicht ergreifen können, ohne gleichzeitig eine Menge unnützer, unbeabsichtigter Bewegungen auszuführen. Doch auch darauf können wir hier nicht näher eingehen.

Wo nun aber haben wir die Centralpunkte für die unbewußten Bewegungen zu suchen? Wir dürfen nicht daran zweifeln, daß sie vorzugsweise einerseits im Rückenmark und in dem verlängerten Mark

andrerseits in den Ganglienknoten des Eingeweidenervensystems liegen und haben vollen Grund anzunehmen, daß auch die Mehrzahl, hie und da selbst sämmtliche in den Ganglienknoten niederer Thiere enthaltenen Ganglienzellen den gleichen Bewegungen zum Ausgangspunkte dienen. — Was die bis dahin für automatisch erklärten Bewegungen des Athmens betrifft, so wissen wir durch Legallois und Flourens, daß sie von einer bestimmten Stelle *) im verlängerten Mark ausgehen. Sofort nach Zerstörung dieser Stelle cessiren die Athembewegungen, und Thiere, denen das Gehirn fortgenommen, das verlängerte Mark aber gelassen ist, athmen fort. Die Bewegungen des Herzens, einerlei ob wir sie als automatische oder reflektirte betrachten, sind dagegen vorzugsweise abhängig von den in seiner Substanz eingebetteten Ganglien, die dem Eingeweidenervensystem angehören. Auch das ausgeschnittene und blutleere Herz pulsirt noch eine kürzere oder längere Zeit fort, wie uns z. B. Vierordt berichtet, daß sich das von ihm untersuchte ausgeschnittene und blutleere Herz eines Hingerichteten 9 Minuten nach dem Tode noch 39 Mal in 64 Secunden zusammenzog. Es würde das nicht können, wenn der Act seiner Zusammenziehung, seiner Muskelbewegung vom Gehirn oder Rückenmark abhängig wäre. Die erwähnten Reflexbewegungen endlich können möglicherweise von allen mit motorischen Nervenfasern in Verbindung stehenden Ganglienzellen ausgehen, scheinen aber vorzugsweise von den im verlängerten Mark und Rückenmark gelegenen hervorgerufen zu werden. Die Schluckbewegungen werden durch die Erregung gewisser Ganglienzellen im verlängerten Mark bedingt; die meistens als Reflexbewegungen zu betrachtenden Acte des Hustens, Niesens, Lachens u. s. w. scheinen ebenfalls von dort aus erregt zu werden. Thiere, denen das Gehirn bis auf das verlängerte Mark weggenommen ist, führen, gleichwie im Schlafe, auf irgend welche Hautreize Bewegungen aus, und selbst noch nach Entfernung des verlängerten Markes, also an getödteten Thieren, lassen sich solche Bewegungen einige Zeit nach dem Tode hervorrufen, so daß wir nothgedrungen in dem Rückenmark die ihnen zum Ausgangspunkt dienenden Ganglien-

*) Diese Stelle ist die Spitze der grauen Substanz des sog. calamus scriptorius.

zellen zu suchen haben. Es erfolgen in letzterem Falle die Reflexbewegungen oft sogar stärker, als bei Vorhandensein des Gehirns. In wie weit jedoch die von Ganglienzellen des Eingeweidenervensystems ausgehenden Reflexbewegungen durch centripetal leitende Fasern dieses Systems selbst oder von zu ihnen verlaufenden Rückenmarksfasern aus, oder umgekehrt Ganglienzellen des Rückenmarks von zu ihnen verlaufenden Fasern des Eingeweidenervensystems aus erregt werden können, läßt sich bis dahin noch nicht genau bestimmen. — Die innige Verkettung zwischen dem Eingeweidenervensystem, dem Gehirn und dem Rückenmark macht es überhaupt überaus schwierig, zu entscheiden, welche Verrichtungen von jenem, welche von diesen ausgehen; ja wir vermögen noch nicht einmal zu sagen, ob dem Eingeweidenervensystem, dem Gehirn und Rückenmark gegenüber, eine gewisse Selbständigkeit zukommt, oder ob es in allen seinen Functionen von den letzteren abhängig ist. Einige der bis dahin erkannten Leistungen des Eingeweidenervensystems, wie z. B. die durch seine Ganglienzellen vermittelten Herzbewegungen, nöthigen uns auf der einen Seite allerdings, ihm eine gewisse Selbständigkeit zuzusprechen, seine Ganglienzellen als wirkliche Centralorgane zu betrachten. Allein es liefern auf der andern Seite mannigfache Beobachtungen auch untrügliche Beweise von der Abhängigkeit seiner Leistungen von Gehirn und Rückenmark, und es möchte keinen treffendern Beleg für dieselbe geben, als die interessante und für weitere Forschungen bedeutsame Entdeckung E. H. Weber's, daß das Herz allerdings von den in ihm selbst gelegenen Ganglienzellen aus in Bewegung gesetzt, der Rhythmus dieser Bewegung aber wesentlich durch die zu ihm verlaufenden Fasern des zehnten Gehirnnervenpaares bedingt wird, der Art, daß eine Reizung dieser Fasern den Herzschlag verlangsamt und selbst zum Stillstand bringt, eine Durchschneidung derselben aber, also Aufhebung ihres Einflusses, denselben beschleunigt. — So bleibt hier also der Experimentalphysiologie noch Vieles zu thun übrig; und ob uns die letzten Jahrzehnde auch manchen Fortschritt gebracht, wir sind dennoch weit vom Ziele entfernt. —

Den unbewußten, unwillkürlichen Bewegungen gegenüber haben wir die mit Bewußtsein ausgeführten, die willkürlichen, in's Auge zu fassen. Ueber das Zustandekommen derselben können wir uns keine

andere Vorstellung bilden, als die, daß der Wille in uns, freilich räthselhafter Weise, irgend welche mit motorischen Fasern in Verbindung stehende Ganglienzellen in den Erregungszustand versetzt, und diese Erregung, auf die Nervenröhre selbst übertragen, die Zusammenziehung des Muskels herbeiführt. Ob dabei der Wille direct auf diese Ganglienzellen einwirkt oder ob er zunächst auf andere, mit den letztern in Verbindung stehende seinen erregenden Einfluß ausübt, läßt sich nicht entscheiden; doch ist letzteres nicht unwahrscheinlich. Je nach unserm Belieben können nun aber zu gleicher Zeit wenige oder Hunderte von Nervenröhren in den Erregungszustand versetzt werden, kaum jedoch, wie es scheint, einzelne Fasern, denn für jede Bewegung auch des einzelnen Muskels, ist immer die gleichzeitige Thätigkeit vieler Fasern erforderlich. Manche Combinationen erfolgen dabei leichter, als andere, wovon man sich leicht bei den Bewegungen der Hand überzeugen kann. Manche Bewegungen andrerseits, z. B. die Fußbewegung der Tänzer beim Hören der Musik, die abwehrenden oder ausweichenden Bewegungen beim plötzlichen Drohen einer Gefahr, treten in so directer Abhängigkeit von gewissen Sinneseindrücken auf, daß wir eine nähere Beziehung zwischen beiden voraussetzen müssen; manche wieder in Folge einer bewußten Empfindung, z. B. eines heftigen Schmerzes, so rasch und unmittelbar, daß wir uns des Willensactes gar nicht bewußt sind, und für diese Fälle annehmen müssen, daß sich der Erregungszustand sensibler Ganglienzellen, nach Art des Vorganges bei den Reflexbewegungen, sofort auf die motorischen Ganglienzellen und Nervenröhren fortsetzt. — Wo aber haben wir wieder die diese Bewegungen vermittelnden Ganglienzellen, die Ausgangspunkte der willkürlichen Bewegungsacte zu suchen? Auch hier hat die Experimentalphysiologie noch Vieles zu leisten. Nach den bisherigen Ergebnissen derselben, so wie nach Erfahrungen und Beobachtungen an Kranken, leidet es jedoch kaum einen Zweifel, daß vorzugsweise gewisse dem Mittelhirn zugehörige oder nahe an dasselbe angränzende Theile des Gehirns die fraglichen Ausgangspunkte enthalten, dieselben also mehr oder weniger eine gleiche Lage haben, als die die Empfindung vermittelnden Centralpunkte. Man schließt dies einmal daraus, daß Thiere, denen man gewisse, den bezeichneten Theilen des Gehirns zugehörige Stellen

verletzt, das Vermögen verlieren, zweckmäßige, harmonische, dem Willensimpulse entsprechende Bewegungen auszuführen, oder auch scheinbar unwillkürlich zu solchen Bewegungen veranlaßt werden (sog. Zwangsbewegungen), andrerseits aber auch aus Leichenuntersuchungen solcher Kranken, die während des Lebens ähnliche Bewegungserscheinungen, wie jene Thiere, darboten, oder in größerer oder geringerer Ausdehnung in ihrer Bewegung gelähmt waren. So drehen sich Thiere, denen man einen Längsschnitt in die sog. Brücke macht oder die Verbindungsstränge zwischen Brücke und kleinem Gehirn an einer Seite durchschneidet, beständig um ihre Längsachse; andre, denen man den Schenkel einer großen Hemisphäre oder eine Seite der Vierhügel verletzt, drehen sich beständig im Kreise, führen die sog. Reitbahn- oder Manegebewegung aus; andere noch drehen sich, wie der Uhrzeiger um einen Mittelpunkt, so um die Hinterfüße als Drehpunkt, wenn man die Großhirnschenkel dicht an der Brücke durchschneidet, und andre endlich noch führen bei Verletzungen des Streifenhügel im großen Gehirn, oder bei Verletzungen des kleinen Gehirns, dort Vorwärts-, hier Rückwärtsbewegungen aus. Bei Menschen wieder, denen eine oder beide Extremitäten einer Körperhälfte gelähmt waren, fand man mehrfach Erkrankungen, Blutergüsse u. s. w. in den mittleren Parthieen der großen Hemisphäre an der der gelähmten entgegengesetzten Seite des Gehirns (in dem sog. Sehhügel und Streifenhügel), Stellen, denen E. H. Weber vorzugsweise auch den Sitz der Tastempfindungen zuschreibt. Daß sich hier die Lähmung der Muskeln an der der leidenden Gehirnhemisphäre entgegengesetzten Körperhälfte zeigt, beruht darauf, daß viele sensible sowohl, als motorische Nervenfasern vor ihrem Eintritt in das Gehirn sich kreuzen, so daß die von der rechten Körperhälfte kommenden oder zu ihr verlaufenden in der linken Hälfte des Gehirns, die von der linken Körperhälfte kommenden oder zu ihr verlaufenden Fasern aber in der rechten Hälfte des Gehirns ihr Centrum finden, ein Verhältniß, dessen physiologische oder physikalische Nothwendigkeit wir noch nicht klar einzusehen vermögen. — Sei es jedoch noch erwähnt, daß zu den eben bezeichneten Stellen des Gehirns, und also auch zu den willkürlichen körperlichen Bewegungen, das kleine Gehirn in einer sehr nahen Beziehung zu stehen scheint; es scheint das „Streben nach Handlungen“ vorzugsweise an ihm zur Gel-

tung zu kommen und durch seine Vermittlung zur That zu werden. „Nimmt man den Thieren das kleine Gehirn weg," sagt Huschke, „so haben sie noch allerhand Triebe, aber sie bemühen sich vergebens, ihrer Ausführung den gehörigen Ausdruck zu geben, weil ihre Thatkraft zerstreut ist, weil ihr jetzt der Mittelpunkt fehlt." Thiere, bei denen die Thatkraft überhaupt die Gedanken übersteigt, aber ohne Einsicht ist und in wilde Begierden ausartet, haben dem entsprechend auch ein im Verhältniß zum großen Gehirn viel größeres kleines Gehirn, als der Mensch. Während bei diesem das letztere etwa 12 Proc. der Masse des ganzen Gehirns beträgt, beläuft sich sein Gewicht bei Thieren durchschnittlich auf 16—25, ja bis 35 Proc. Und selbst bei den verschiedenen Geschlechtern des Menschen entspricht ein durchgehends und verhältnißmäßig (um 1 Proc.) größeres kleines Gehirn dem thatkräftigeren, activen Charakter der Männer, ein verhältnißmäßig um eben so viel kleineres dem mehr empfindenden der Frauen. Doch wir betreten hier ein Gebiet, über dessen wunderbare und mannigfaltige Erscheinungen die Physiologie bis dahin nur noch wenig Licht verbreitet hat, und dessen Aufhellung, neben der Experimentalphysiologie, vorzugsweise einer fortgesetzten und sorgfältigen vergleichend psychologischen, anatomischen und pathologischen, d. h. dem Sitze der das psychische Leben störenden Krankheiten nachspürenden Forschung vorbehalten ist.

Als dritte, wesentliche Leistung des Nervensystems bezeichneten wir seinen Einfluß auf die Vorgänge der Ernährung, des Stoffwechsels und der Absonderung, und fügen wir hier hinzu, die thierische Wärme. Die wachsende Erkenntniß dieses Einflusses ist von einer eminenten praktischen Bedeutung, und sie bedarf nicht nur der sorgfältigsten Berücksichtigung des Arztes, dessen Aufgabe es in der Regel ist, eingetretene Störungen des Befindens zu entfernen, sondern auch jedes Laien, dem es um die Erhaltung körperlichen Wohlbefindens zu thun ist. Was unsere Vorfahren in dunkler Ahnung besonderen Lebensgeistern oder Lebenskräften zuschrieben, das lehrt uns die neuere Physiologie als Effekt einer Reihe von chemischen und physikalischen Vorgängen, vorzugsweise aber als Effekt der im Nervensystem waltenden Kraft kennen, und in schlagenden, durch Experiment und Beobachtung entwickelten Thatsachen erläßt sie einen drin-

genden Mahnruf, daß wir in der Achtung vor dieser Kraft jener Achtung nicht nachstehen, welche den Alten die nüchterne Beobachtung der Lebenserscheinungen ihren Lebensgeistern gegenüber einflößte. Nur einige Beispiele mögen uns hier jenen Einfluß des Nervensystems klar machen. — Der Muskel, welcher in Folge einer Durchschneidung oder Erkrankung seines Nerven gelähmt ist, magert ab und verwandelt sich mitunter in eine fettige Masse; die Knochen gelähmter Glieder werden dünner. — Der durch geistige Bekümmernisse Gedrückte, der „entnervte" Schwächling, sie sind hagere, blasse Gestalten und contrastiren mit dem blühenden Colorit, der kräftigen Körperentwicklung des geistig Freien und Frohen. — Magendie, Longet, Schiff u. A. durchschnitten bei Thieren innerhalb der Schädelhöhle den einen Ast zum Auge sendenden fünften Hirnnerven, und es erfolgte alsbald Röthung des Auges, vermehrte Schleimabsonderung und Aufwulstung des Augenlids, Trübung und Verschwärung der durchsichtigen Hornhaut. — Armann durchschnitt Thieren die zu den Extremitäten verlaufenden Nerven und fand alsbald die Haut hie und da mit Blut unterlaufen, die Muskeln weich, und die Gallenblase gleichzeitig mit wässriger Flüssigkeit, statt mit Galle erfüllt. — Wie kommen diese Leistungen des Nervensystems zu Stande? Sind sie automatischer Natur, Folge eigenthümlicher Erregungszustände gewisser Centraltheile des Nervensystems, oder erfolgen sie in ähnlicher Weise, wie jene oben erwähnten Reflexbewegungen, auf diese oder jene Reize, die ständig auf centripetale Fasern einwirken und gewisse Ganglienzellen und centrifugale Fasern in Erregung versetzen? Dienen ihnen ferner besondere Nervenröhren, oder werden jene Effekte durch dieselben Fasern vermittelt, welche der Bewegung dienen? Leider fehlt uns auch auf diese Fragen bis dahin die genügende Antwort. Wir wissen nur, daß die Effekte selbst da sind, vermuthen, durch einzelne Beobachtungen unterstützt, daß jede centrifugale Faser sich an ihrem Zustandekommen in gewisser Weise betheiligt, und können nur für einige drüsige Organe behaupten, daß der ihre Absonderungen hervorrufende Nervenstrom unter Umständen in derselben Art und Weise erregt wird, wie der die Reflexbewegungen hervorrufende Strom, wie z. B. die Speichelabsonderung durch in den Mund genommene, insonderheit durch sog. scharfe Substanzen, in hohem Grade gesteigert wird.

Und noch eine weitere, schwierige Frage gesellt sich den obigen hinzu. Wie nämlich hat man sich den Einfluß des Nervensystems selbst zu denken? Wirkt der Nerv nur indirect auf Ernährung, Stoffwechsel, Absonderung u. s. w., und zwar dadurch, daß er auf die Ausdehnung oder Zusammenziehung der zum Theil muskulösen Wandungen der Blutgefäße, auf die Contractionen des Herzens, also auf rascheren oder langsameren Blutumlauf influirt, kräftigere oder weniger kräftige Athmungsbewegungen hervorruft u. s. w.? Oder wirkt er direct, indem er in einer uns freilich noch räthselhaften Weise durch seinen electrischen Strom chemische Verbindungen zersetzt und organischer Elementargebilde Gestaltung bedingt? Auch hier fehlt zur Zeit die sichere Antwort. Ob aber auch jener indirecte Einfluß unter allen Umständen eine bedeutende Rolle spielt, nach den Ergebnissen neuester Forschungen muß man dennoch schließen, daß ihm eine directe Einwirkung des Nervenstromes zur Seite steht, daß jener es nicht allein ist, der die Ernährungsvorgänge und Absonderungen beherrscht, und zwar ist es insonderheit ein berühmt gewordenes Experiment von Ludwig, welches uns zu diesem Schlusse berechtigt. Ludwig erregte durch einen electrischen Strom die zur Unterkieferspeicheldrüse eines Hundes gehenden Nerven und der Erfolg war der, daß der Speichel in bedeutend vermehrter Quantität abgesondert wurde, ohne daß dabei, wie durch genaue Nebenuntersuchungen ermittelt wurde, irgend eine Veränderung im Blutdruck, oder in der Blutvertheilung, oder irgend welche Muskelaction Statt hatte. Damit aber ist der directe Einfluß des electrischen Nervenstromes auf die Absonderung einer Drüse erwiesen. Und vielleicht auch ein andres, nicht minder berühmt gewordenes, zuerst von Bernard und später von vielen Physiologen ausgeführtes Experiment darf als eine Unterstützung jenes unseres Schlusses betrachtet werden. Bernard verletzte eine gewisse Stelle des verlängerten Markes, und die auffallende Folge dieser Verletzung war die, daß der dem Thiere mit den Nahrungsmitteln zugeführte oder aus ihnen im Organismus gebildete Zucker nicht, wie es in der Norm der Fall ist, weitere Umwandlung zu organischen Säuren und schließlich zu Kohlensäure und Wasser erfuhr, sondern als Zucker mit der Absonderungsflüssigkeit der Nieren, dem Harn, den Organismus wieder verließ. Mit den Ergebnissen dieser Untersuchungen, und,

bei der noch möglichen anderweitigen Deutung der letztern, insonderheit der erstern, erhalten unsere Anschauungen über die Einflüsse des Nervensystems auf die Ernährungsvorgänge eine ganz neue Richtung, und die hohe Bedeutung der neu gewonnenen Erkenntniß ist leicht zu ermessen. — Und wo, fragen wir endlich wieder, haben die Centralpunkte, die Ganglienzellen, welche die auf Ernährung, Stoffwechsel und Absonderung influirende Erregung der Nervenröhren vermitteln, ihren Sitz? Es scheint in der That mehr als unwahrscheinlich, daß es bestimmte Ganglienzellen giebt, welche nur dieser Function dienen. Will man jedoch unter den sämmtlichen Ganglienzellen von solchen sprechen, die von vorwiegender, und von solchen, die von geringerer Bedeutung für jene Vorgänge sind, so dürfen scheinbar die Ganglienzellen des Eingeweidenervensystems deshalb ein Vorrecht in Anspruch nehmen, weil eben die von ihnen auslaufenden Fasern sich vornämlich an die Blutgefäße begeben und damit einen vorwiegenden Einfluß auf die Blutvertheilung ausüben. Bernard, Budge, Waller, Schiff und Brown-Séquard sahen nach Durchschneidung eines diesem System angehörenden Nerven sofort eine Erweiterung der Blutgefäße und also eine vermehrte Blutanhäufung in den betreffenden Theilen eintreten. Armann gelangte zu seinem oben erwähnten Resultate nur dann, wenn er die zu den Extremitäten verlaufenden Fasern dieses Systems gleichzeitig mit den vom Rückenmark aus zu ihnen tretenden Fasern, nicht aber, wenn er nur die letztern durchschnitt. Dagegen machen es ältere Beobachtungen und neuere Versuche, wie die oben erwähnten von Magendie, Schiff, Ludwig u. A. sicher, daß auch Ganglienzellen des Gehirns und Rückenmarks Ausgangspunkte jenes bedeutungsvollen Erregungszustandes der Nerven sein können. —

Wir erwähnten oben noch der thierischen Wärme. Auch sie ist ohne Frage in hohem Grade abhängig vom Nervensystem. Zwar wissen wir, daß ein Hungernder friert, und es ist sicher, daß die Wärme des Körpers zum Theil abhängig ist von der Intensität des im Organismus ständig vor sich gehenden, chemischen Verbrennungsprocesses. Liebig sagt in dieser Beziehung in seinen chemischen Briefen (3. Aufl. S. 395) mit Recht: „Die Wechselwirkung der Bestandtheile der Speisen und des durch die Blutcirculation im Körper verbreiteten Sauerstoffs

ist die Quelle der thierischen Wärme." Nichtsdestoweniger ist aber die Betheiligung des Nervensystems bei der Wärmebildung unverkennbar, und nach Allem, was wir bis dahin über diese äußerst schwierig zu behandelnde Frage wissen, will es scheinen, als ob dieselbe eine doppelte sei. Einmal nämlich hat das Nervensystem auf Erzeugung der Wärme Einfluß. Durch Becquerel's, Breschet's und Helmholtz's Untersuchungen wissen wir, daß die durch eine Nervenerregung hervorgerufene Muskelbewegung von erhöheter Wärmebildung begleitet ist. Andrerseits hat es dagegen nur eine regulatorische Bedeutung für die Wärmebildung, der Art, daß wenn sein Einfluß aufgehoben ist, dieselbe unter Umständen über das gewöhnliche Maaß hinausgeht. So fand Bernard in dem oben erwähnten Experimente (s. S. 119), daß die Kopfhaut eines Thieres rasch an Wärme zunahm, wenn die an die Blutgefäße der Haut tretenden Nerven durchschnitten wurden; und die Wärmezunahme fiebernder, schwächlicher Kranken läßt sich vielleicht ebenfalls durch Aufhebung des regulirenden Einflusses gewisser Theile des Nervensystems auf die Wärmebildung erklären.*) Ob aber die Betheiligung des Nervensystems hierbei überall eine nur indirecte, oder hie und da auch eine directe ist, darüber läßt sich noch nicht mit Sicherheit entscheiden. In den meisten Fällen ist sicher das erstere der Fall. Die Erregung eines Nerven wirkt auf die Blutvertheilung, auf die Vorgänge des Stoffwechsels, diese gewinnen an Intensität, und gesteigerte Wärmeproduction ist die indirecte Folge. Wenn Bernard die zu den Blutgefäßen tretenden Nerven durchschnitt, dennoch aber die Wärme des betreffenden Körpertheils sich steigerte, so erklärt sich dies leicht dadurch, daß die Durchschneidung der Nerven auch eine Erweiterung der Blutgefäße, eine Blutüberfüllung desselben Theils zur Folge hatte und ein vermehrter Stoffumsatz nun auch von vermehrter Wärmebildung begleitet war. Allein trotzdem dürfen die berühmten Experimente Sir Benjamin Brodies, die schon 1811 in den „Transactions of the royal Society" und neuerdings in seinen trefflichen „physiological researches" veröffentlicht wurden, wie mir scheint, nicht übersehen werden. Brodie fand, daß trotz des unveränderten Fort-

*) Vgl. Virchow, Specielle Pathologie und Therapie. Bd. I. Hft. 1.

bestandes des Stoffwechsels in einem Thiere, die Wärmeproduction in ihm bedeutend herabgesetzt wurde, wenn der Einfluß des ganzen Gehirns durch Entfernung desselben, aufgehoben war, und es möchte schwer sein zu erweisen, ob nicht in den oben erwähnten Versuchen von Becquerel, Breschet und Helmholtz die Temperaturerhöhung als eine directe Folge der Nervenerregung zu betrachten ist. Es stimmt mit Brodie's Untersuchungen die alltägliche, praktische Erfahrung, daß „nervenschwache" Individuen trotz reichlicher Mahlzeiten, trotz reichlicher Bewegung in freier Luft u. s. w. dennoch oft über Kälte in den Extremitäten u. s. w. klagen und die Hypothese, daß in diesen Individuen die verringerte Wärme dennoch nur als Folge eines mangelhaften Stoffwechsels, eines mangelhaften Oxydationsprocesses anzusehen sei, ist vorläufig weniger durch Thatsachen gestützt, als die, daß der herabgesetzte Nerveneinfluß zum Theil auch direct die Wärme des thierischen Körpers herabsetzt. — Was endlich das Zustandekommen und die Ausgangspunkte dieser Nervenwirkung anbetrifft, so gilt davon dasselbe, was so eben in Betreff des Einflusses des Nervensystems auf Ernährung und Absonderung gesagt wurde. Nur wenige Thatsachen dienen uns hier zur Stütze etwaiger Vermuthungen; noch viele Fragen sind offen. —

Es bleibt uns übrig, die vierte wesentliche Leistung des Nervensystems in's Auge zu fassen. Wir bezeichneten das Nervensystem oben als den Sitz unserer Geistesthätigkeiten, als denjenigen Apparat, an welchen unser Denken und Wollen gebunden ist, dessen Erregungen, wie das Licht von der Farbe, von geistigen Actionen begleitet sind, der ferner in einer besonderen und nahen Beziehung zu unserer unsterblichen Seele steht. — Dürfen wir es bei dem heutigen Standpunkte der Physiologie schon wagen, auf das weite, ebenso anziehende als schwierige Gebiet, welches durch jene Bezeichnung angedeutet wird, einzugehen? —

Der heiße Kampf, welcher heutigen Tages um Kraft und Stoff, um Leib und Seele, um Materie und Geist geführt wird, er gehört in der That, wie es uns scheint, nur zum kleinen Theil vor das Forum der Physiologie, und wenn wir in einem früheren Vortrage *)

*) S. Bd. I. S. 189.

schon auf die Nothwendigkeit der Trennung unserer unzweifelhaft an die Gehirnsubstanz gebundenen Geistesthätigkeiten von einer unserm Organismus zugehörigen Seele hinwiesen, so halten wir auch hier an dieser Trennung fest. An das Dasein einer immateriellen Seele glauben wir, ohne über deren etwaigen Sitz auch nur das Geringste aussagen zu können; es verhält sich dieselbe ähnlich zum menschlichen Organismus, wie Gott zu der Welt. Das Gebundensein der Geistesthätigkeiten an die Nervensubstanz können wir aber beweisen, die Discussion über ihr Zustandekommen, ihren Sitz u. s. w. gehört in das Gebiet der Physiologie, und also auch nur auf sie gehen wir hier ein. Doch auf kürzeste Andeutungen beschränkt, wollen wir nur einiger weniger, vorspringender Fragen gedenken.

Das gesammte Gebiet der uns ihrem Wesen nach gänzlich unbekannten Geistesthätigkeiten trennen wir passend in das der Denkbewegungen, das der Gemüthsbewegungen und das der Willensbewegungen. Es sind diese Thätigkeiten an gewisse Theile des Gehirns gebunden, denn ein Mensch oder Thier ohne Kopf denkt, empfindet und will bekanntlich nicht, ein Satz, der eine eben so „triviale," als tiefe Wahrheit enthält. Wie nun aber kommen jene Thätigkeiten oder die Erregungen jener gewissen Theile des Gehirns zu Stande? Wir dürfen nicht anstehen, eine doppelte Möglichkeit für die Entstehung derselben zu statuiren. Auf der einen Seite sind es die Sinneseindrücke, die Empfindungen, welche irgend eine geistige Bewegung, sei es im Gebiete der Gedanken, in dem des Gemüthes, oder dem des Wollens hervorrufen; es ist aber andrerseits auch ein außerhalb der Ganglienzellen liegendes, unerforschliches Etwas, es ist unsere Seele, die jene Erregungen einzuleiten vermag. Im ersteren Falle ähneln die geistigen Bewegungen in der That jenen Reflexbewegungen, die wir oben bei Betrachtung der Muskelbewegungen kennen lernten; ein Sinneseindruck versetzt gewisse Ganglienzellen des Gehirns in Erregung, und diese Erregung pflanzt sich sofort auf jene Zellen fort, an deren Vorhandensein die geistige Thätigkeit gebunden ist. Im zweiten Falle haben wir es dagegen mit ähnlichen Erregungen zu thun, wie sie als ursächliche Bedingungen der sog. automatischen Bewegungen angesehen werden; wir kennen das erregende Etwas nicht, wissen nicht, was die Ganglienzellen in Erregung versetzt,

sondern wissen nur das, daß wenn wir die letztern hinwegnehmen, die Bewegung selbst nicht mehr erfolgt, ihr Erregungszustand also eine nothwendige Bedingung für das Zustandekommen der Bewegung ist. Der Seele, so sagt man, sind die Ganglienzellen des Gehirns eine Claviatur. Je nachdem sie diese oder jene Tasten berührt, erfolgt diese oder jene geistige Bewegung, und diese Bewegungen sind, wie die Töne des Instrumentes, um so harmonischer, um so tiefer und schöner, je feiner und ausgebildeter der Mechanismus des Instrumentes, d. h. der Bau des Gehirns, je inniger und alltäglicher, um den Vergleich beizubehalten, der Verkehr zwischen Spieler und Instrument ist. So hängt denn in der That die Höhe unserer geistigen Bildung, unserer Erkenntniß, unseres Gemüthes und unseres Willens, ab, von dem Reichthum unserer Sinneswahrnehmungen, von der Vielseitigkeit unserer Erfahrungen auf der einen, und von der Innigkeit und Pflege des Verkehrs mit unserer Seele, d. i. mit göttlichen Dingen und Gott selbst, auf der andern Seite. Je höher die Stufe, die sie erreicht, d. h. wieder, je feiner ausgebildet und ausgespielt der Mechanismus, um so reicher die Möglichkeit der Combinationen verschiedener Erregungen, um so reicher die Welt der Ideen. Die Höhe der geistigen Bildung ist nach dieser Vorstellung unfehlbar abhängig von der Größe des materiellen Substrates, von der Anzahl der von Natur gegebenen Ganglienzellen; es kann ein Mensch mit einer geringern Anzahl derselben nicht zu derselben Stufe der Intelligenz, des Ideenreichthums gelangen, wie ein „begabterer," und entsprechend dieser größeren oder geringeren Ausbildung des materiellen Substrates nimmt auch in der Thierreihe der Anschein geistiger Thätigkeit ab. Aber es widerspricht das nicht der schöpferischen Idee, die groß genug ist, um die Leistung nach den gegebenen Kräften zu bemessen.

Und wo nun haben diese den geistigen Thätigkeiten dienenden Ganglienzellen ihren Sitz? Wir können es nicht treffender bezeichnen, als wenn wir sagen, daß sie die den sinnlichen Wahrnehmungen, Empfindungen und körperlichen Bewegungen dienenden Theile des Gehirns überbauen; in dem obern Theile der großen Gehirnhemisphären haben wir sie zu suchen. Ueber die wahrscheinliche nähere Beziehung des kleinen Gehirns zu den willkürlichen körperlichen Bewegungen wurden

oben schon einige Andeutungen gegeben. Es ist jedoch das kleine Gehirn nicht etwa Sitz des Willens selbst, es bietet demselben vielmehr nur, so weit er sich auf Handlungen bezieht, die ersten Angriffspunkte dar, und scheint vermöge seines besondern Mechanismus derjenige Apparat zu sein, in welchem eine Menge einzelner Willensacte sofort zu einem geordneten Ganzen zusammengefaßt werden, jedesmal eine eng zusammengehörige ganze Gruppe von Ganglienzellen gleichzeitig in den Erregungszustand versetzt, und somit die Zweckmäßigkeit, die Coordination der einzelnen körperlichen Bewegungen vermittelt wird. Wir wiederholen es, daß nach Wegnahme des kleinen Gehirns der Wille selbst bei Thieren nicht erloschen ist, und Beobachtungen an Kranken machen es ebenfalls sehr wahrscheinlich, daß es eben so wenig für das Wollen selbst, als für andere Geistesthätigkeiten die Ursprungsstätte bildet. Daran jedoch, daß die die Oberfläche des großen Gehirns, die Wülste der Gehirnwindungen bildenden Ganglienzellen in einer besondern Beziehung stehen zum Denken, zum Gemüth und zum Wollen, daß sie es sind, deren Erregungen allemal von geistigen Thätigkeiten begleitet werden, läßt uns eben so wenig die Experimentalphysiologie, als insonderheit die Beobachtung an Geisteskranken zweifeln. Sehr treffend sagt in dieser Beziehung Virchow: *) „Neben den im Hirn zerstreuten Ganglien, von denen wir wissen, daß sie überwiegend motorische oder überwiegend sensitive Function besitzen, bleibt eine gewisse Masse von grauer Substanz übrig, und dahin gehört hauptsächlich die Hirnrinde, von der wir nichts derartiges aussagen können, bis zu der aber bis jetzt noch kein Anatom peripherische Nerven verfolgen konnte, sondern die zunächst durch weiße Substanz mit den genannten motorischen und sensitiven Knoten in Verbindung steht. Wenn nun insbesondere die Erfahrung an Kranken lehrt, daß sowohl durch directe Veränderung dieser grauen Rinde, als auch durch Störung der Leitung zwischen ihr und den nächsten Knoten psychische Störungen bedingt werden, nicht bloß Unterbrechungen der bewußten Empfindung und der willkürlichen Handlung, sondern auch Störungen des Denkens, der Er-

---

*) Artikel: Transcendenz und Empirie in Virchow's Archiv für pathologische Anatomie. Bd. VII. Hft. 1. 1854.

innerung, der Phantasie, sollen wir dann nicht schließen, daß gerade diese Anhäufung von Ganglienzellen eine speciellere Bedeutung für das Zustandekommen psychischer Leistungen beanspruche?" Und wir können noch einen Schritt weiter gehen. Wir dürfen selbst den Denkbewegungen einer=, und den Gemüthsbewegungen andrerseits eine bestimmte Localität ihres Zustandekommens anweisen, der Art, daß jene in dem vordern Theile, diese in dem hintern Abschnitte der oberflächlichen Theile der großen Gehirnhemisphären zu suchen sind. Wie Vieles auch an der Gall'schen Schädellehre auszusetzen sein mag, in der Behauptung erweist sie sich im Allgemeinen als richtig, daß ein umfangreicher Vorder= oder Stirntheil des Schädels im Allgemeinen auf höhere Denkfähigkeit, ein umfangreicher Scheiteltheil auf eine reichere Anlage zur Entwicklung des Gemüthslebens schließen läßt. Es stimmen mit diesen verschiedenen Aussprüchen nicht nur die vergleichend anatomischen Untersuchungen bei verschiedenen Thieren, sondern auch die Ergebnisse der erst neuerdings sorgfältiger angestellten vergleichend=anthropologischen Untersuchungen. Je weiter wir in den verschiedenen Classen der Wirbelthiere hinabsteigen, um so mehr verliert, wie wir oben erfahren haben, das große Gehirn an Umfang, desto flacher und spärlicher werden seine Windungen. Ganz dem entsprechend nimmt aber auch die geistige Befähigung der Thiere von Stufe zu Stufe ab, und mit Recht verlegen wir deshalb den Sitz der geistigen Bewegungen in jenen wesentlichen Abschnitt des Nervensystems. Huschke ferner theilt uns nicht nur mit, daß das Gewicht des gesammten Hirns und damit die größte Befähigung zu sämmtlichen Leistungen des Nervensystems am größten sei bei den verschiedenen Gliedern des germanischen Stammes, den Deutschen, Engländern und Flamändern (im Durchschnitt 1445 Grm.), daß ihnen der celtisch=romanische Stamm, die Schotten und Franzosen, folgen, (1313—1320 Grm.), zu unterst aber die Neger und Bewohner Ostindiens stehen, bei denen sich selbst Hirne von 737 Grm. Gewicht finden und der Typus des Hirns (wenigstens bei den Negern) dem des kindlichen und dem des Hirns der höhern Affen nahe kommt, sondern auch die wichtige Thatsache hebt er hervor, daß die Glieder des germanischen Stammes mehr großes und verhältnißmäßig weniger kleines Gehirn haben, als die des celtisch=romanischen Stammes, daß ferner, nach Parkes' Unter=

suchungen, die Hindus nicht nur überhaupt ein kleineres Gehirn, als die Engländer (1176 : 1435 Grm.) besitzen, sondern diese im Verhältniß zum kleinen auch mehr großes Gehirn besitzen, als jene, der Art, daß bei den Engländern auf 1258 Grm. großes 177 Grm. kleines, bei den Hindus dagegen auf 1117 Grm. großes 157,7 Grm. Hinterhauptshirn kommen. Ohne Anstand dürfen wir es aber behaupten, daß ganz entsprechend diesen Gewichtsverhältnissen des großen Gehirns auch die Größe der geistigen Begabung im Allgemeinen bei den verschiedenen Nationen variirt, ein Ausspruch, der in dem weitern und wünschenswerthen Verfolge vergleichend-anthropologischer Studien und Hirnwägungen ohne Zweifel seine Bestätigung finden wird. Und wenn endlich bei einzelnen, besonders durch geistige Begabung ausgezeichneten Männern abnorm schwere Gehirne gefunden wurden, wie u. A. bei Lord Byron angeblich ein Gehirn von 2238 Grm. Gewicht, bei Cuvier von 1829 Grm., wenn andrerseits geistig verkümmerte Individuen, wie die Cretins, sehr kleine Gehirne (nach Sims, Leuret, Tiedemann, Esquirol u. A. von 772—500 Grm. Gewicht) und besonders vorn abgeflachte Hemisphären des großen Gehirns besitzen, wenn ferner das Stirnhirn der Neugeborenen im Verhältniß zum übrigen großen Gehirn kleiner ist, als das der Erwachsenen, so findet auch darin der Schluß auf eine besondere Beziehung der Größe des Gehirns überhaupt, wie der Größe der vorderen Hemisphären im Besondern zu den Thätigkeiten des Geistes seine Berechtigung.

In trefflicher Weise hat Huschke auch die Größen- und Gewichtsverhältnisse des Vorderhirns im Verhältniß zu dem hintern Abschnitt der großen Hirnhemisphären verfolgt. Was wir oben über die Vertheilung der Geistesthätigkeiten auf beide Abschnitte angedeutet, findet darin seine Bestätigung. „Nach Freiheit strebt der Mann, das Weib nach Sitte.“ Dort ragt im Allgemeinen die Denkkraft, der Verstand, das urtheilsvolle Streben nach Handlungen, hier das Gemüth, die Liebe, das Handeln nach Gefühlen hervor. Ganz dem entsprechend ist nun aber auch im Durchschnitt das Gewicht des vorderen Abschnittes der großen Gehirnhemisphären im Verhältniß zu dem des hinteren Abschnittes beträchtlicher beim Manne, als beim Weibe; und es steht ferner damit im Einklang, daß, nach Beobachtungen und Erfahrungen an

Kranken, Störungen der Gemeingefühle, Schmerzen u. s. w. die gewöhnlichen Begleiter von Erkrankungen der hinteren Lappen des großen Gehirns, Störungen der Denkkraft mit Leiden der vordern Abschnitt verbunden sind.

Ein Weiteres ist uns hier nicht gestattet. Schon zu lange fast verweilten wir bei einem nur einen einzelnen Theil unserer Aufgab bildenden Gegenstand. Doch seine hohe Bedeutung für die richtige Auffassung der Erscheinungen des thierischen Lebens überhaupt wird diesen Aufenthalt rechtfertigen. Eine tiefe Wahrheit liegt in den wenigen Worten Sir Benjamin Brodie's, die er bei Gelegenheit einiger trefflicher Bemerkungen über den Einfluß des Nervensystems auf die Production der thierischen Wärme aussprach: „the nervous system is the animal." Die Mehrzahl der niedern Thiere, beschränkt auf ein fast ausschließlich vegetatives Leben, sie würde dennoch ohne Vorhandensein des Nervensystems dieses Leben nicht führen können, und haben wir in den höhern Thierformen die Abhängigkeit der vegetativen Lebensvorgänge ebenfalls als in directester Abhängigkeit von dem Nervensystem kennen gelernt, haben wir das letztere hier als das von Stufe zu Stufe sich höher und feiner entwickelnde Organ der Geistesthätigkeiten kennen gelernt, so ist damit seine Bedeutung nur um so mehr in ein helles Licht gestellt. — Doch vergessen wir es dabei nicht, daß die Bildung, Entwicklung und andauernde Leistungsfähigkeit oder Erhaltung des Nervensystems selbst abhängig ist von dem Materiale, welches zu seiner Bildung und steten Verjüngung dargeboten wird, von dem Blute; erinnern wir uns der treffenden Worte Romberg's, daß der Nerv mit Schmerz um gesundes Blut bettelt, daß im letzten Gliede von der Qualität und Quantität unserer Nahrungsmittel auch die Leistungsfähigkeit des Nervensystems bedingt ist. Ungestraft werden wir es durch Excesse irgend welcher Art nicht verletzen oder schwächen, nicht die in ihm waltende Kraft verschwenden, denn ständig in übermäßiger Thätigkeit erhalten, kann es sich nicht in naturgemäßer Weise auch ständig verjüngen, beeinträchtigt es den Ablauf der vegetativen Lebensvorgänge und frühzeitiger Untergang des ganzen Organismus ist die unausbleibliche Folge. Ungestraft werden wir aber auch nicht seinen Lebensquell, das Blut, in seiner normalen Zusammensetzung

stören, eine jede Störung auf dieser Seite hat vielmehr eine Störung in der Zusammensetzung und damit der Leistungsfähigkeit des Nervensystems im Gefolge. — So hält die Natur unser Thun und Lassen ständig im Schach; einen Schritt nur über die Felder hinaus, auf die sie uns beschränkt, und das Spiel ist verloren. Erklären wir uns denn willig matt, und genießen mit einsichtsvoller Zufriedenheit die reichen Freuden, die sie uns trotz ihrer Herrschaft über uns und trotz unserer Gebundenheit nicht nur finden läßt, sondern auch zu genießen gestattet. —

Elfter Vortrag.

Der Bau und die Verrichtungen der Sinnes- und Bewegungsapparate.

[illegible]

Elfter Vortrag.

Der Bau und die Verrichtungen der Sinnes- und Bewegungsapparate.

Wenn wir die Nervenröhren in vorstehendem Vortrage Leitungsdrähten verglichen, welche, durch die verschiedenartigsten Eindrücke erregt, den jedesmaligen Erregungszustand auf die Centraltheile des Nervensystems zu übertragen, oder, von diesen aus erregt, eine Bewegung bald dieser, bald jener Theile des Organismus hervorzurufen bestimmt seien, so drängt sich uns bei der Ueberlegung, daß die Endigungen dieser Leitungsapparate nirgends frei zu Tage liegen, die doppelte Frage auf, wie jene Eindrücke zu ihnen hingelangen, wie ferner die Erregung der motorischen Nerven auf die zu bewegenden Theile einwirkt und welches diese letztern selbst sind. So einfach die Frage lautet, so schwierig ist dennoch in mancher Beziehung die bestimmte Antwort; im Allgemeinen mögen zunächst die folgenden Bemerkungen der Vorstellung zum Anhalt dienen.

Der sensible Nerv wird einmal direct von gewissen Einwirkungen getroffen. Ständig von dem in seinen Gefäßen kreisenden Blute umflossen, ständig in unmittelbarer Berührung mit der die sämmtlichen Weichtheile des Organismus durchtränkenden Ernährungsflüssigkeit, ist er auch ständig den Einwirkungen beider ausgesetzt. Es bestehen diese letzteren aber vorzugsweise in der Hervorrufung en- und exosmotischer Strömungen (s. Bd. I. S. 266), und je nach der Zusammensetzung des Blutes und der Ernährungsflüssigkeit selbst, werden diese Strömungen sowohl, als auch die chemische Zusammensetzung des Nerven eine Veränderung erfahren müssen. Ist also z. B. das Blut oder die Ernährungsflüssigkeit in Folge reichlichen Salzgenusses salzhaltiger, als im Normalzustande, so wird dem Nerven sonder Zweifel ein Theil seines Wassergehaltes entzogen und die damit eintretende Veränderung seiner

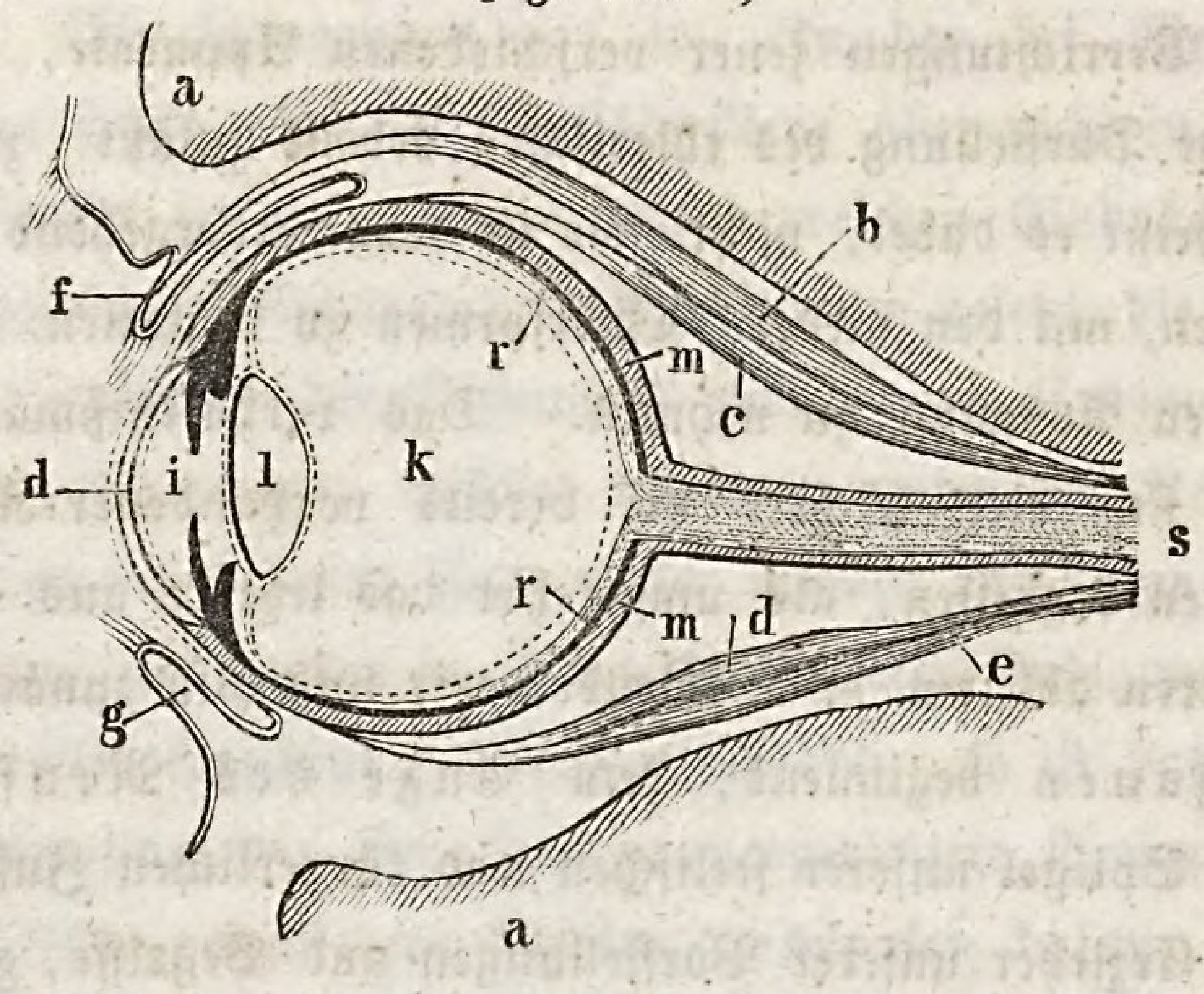
chemischen Mischung kommt als Durst zu unserm Bewußtsein. Ganz in ähnlicher Weise entstehen wahrscheinlich auch andre Allgemeingefühle, als Hunger, Abgeschlagenheit u. s. w. In der bei Weitem größten Mehrzahl der Fälle wird der sensible Nerv aber nicht in dieser Weise, er wird vielmehr indirect von irgend welchen Eindrücken getroffen. Er ist mit besondern Apparaten in Verbindung gesetzt, die als Vermittlungsglieder zwischen der Außenwelt und seinen Endigungen zu betrachten sind, Apparate, welche allgemein unter der Bezeichnung der Sinnesorgane bekannt sind. So nimmt das Auge zunächst die Lichtwellen auf, um sie den in ihm ausgebreiteten Endigungen des Sehnerven in zweckentsprechender Weise zuzuführen; so ist das Gehörorgan der zur Perception der Schallwellen vorgerichtete Apparat, und erst nachdem dieselben verschiedene Medien durchlaufen haben, gelangen sie zu den in den innern Abtheilungen des Organes befindlichen Endausbreitungen des Hörnerven; so ist ferner die Haut das die Tast-, Temperatur- u. a. Eindrücke aufnehmende Organ, und was sie an Eindrücken empfängt, wird nur durch sie hindurch zu den in ihr sich verbreitenden Nervenendigungen fortgeleitet. — Anders jedoch mit den motorischen Nerven, die am centralen Ende erregt, Bewegung hervorrufen. Sie endigen, so weit man sie bis dahin hat verfolgen können, als selbst mit stark bewaffnetem Auge kaum wahrnehmbare, zum Theil verzweigte Fasern in der Substanz der Muskeln, rufen, in den Erregungszustand versetzt, in bis dahin unerklärter Weise eine Zusammenziehung oder Zuckung derselben hervor, und bedingen damit eben die körperliche Bewegung. — Woraus aber bestehen diese Muskeln? Was lehrt das Mikroscop in Betreff ihres feineren Baues? Wie ferner steht es um die Construction jener Sinnesapparate bei den verschiedenen Thierformen? Eine überreiche Fülle des interessantesten Materiales liegt auch hier wieder vor uns, und fast mit Bedauern fühlen wir die Nothwendigkeit, auch hier die nur zu leicht überschrittenen Grenzen einer allgemeinen Betrachtung innehalten zu müssen. Auch hier wieder sind durch die mikroscopischen Forschungen der Neuzeit die bedeutsamsten Fortschritte errungen, und ein Vergleich des heutigen Standes unserer Kenntnisse vom feinern Baue des Auges, des Ohres, der Muskeln u. s. w. mit dem, was vor 10 Jahren unser Eigenthum war, erregt eine ge-

rechte Bewunderung der Leistungsfähigkeit einer einzelnen Generation. Dennoch soll es die Aufgabe der vorliegenden Betrachtung sein, den Bau und die Verrichtungen jener verschiedenen Apparate, so weit es eine allgemeine Darstellung des thierischen Lebens zuläßt, zu verfolgen. Geeignet erscheint es dabei, nicht, wie in dem vorhergehenden und spätern Vorträgen, mit den niedern Thierformen zu beginnen, sondern von den höhern den Ausgang zu nehmen. Das verhältnißmäßig Unvollkommene läßt sich hier leichter bei bereits vorhandener Kenntniß des Vollkommensten begreifen, als umgekehrt das letztere aus der Darstellung des ersteren ableiten. — Wenden wir uns also zunächst, mit den Sinnesorganen beginnend, dem Auge des Menschen, dem wunderbaren Spiegel unserer seelischen und körperlichen Zustände, dem einflußreichen Erzieher unserer Vorstellungen und Begriffe, zu.

Das Auge des Menschen ist ein kugelförmiges, nicht aber kugelrundes, sondern nach vorn in Form einer Ellipse gewölbtes Organ. Es ruht in der Augenhöhle des Schädels, eingebettet in ein weiches Lager lockeren, zum Theil mit Fett erfüllten Zellgewebes, und umgeben von verschiedenen Gebilden, die theils zu seinem Schutze dienen, theils für seinen Glanz und seine Reinerhaltung sorgen, theils endlich seine vielfachen Bewegungen vermitteln. Zum Schutze vor zu grellem Licht, vor fremden Körpern, vor den von der Stirn rinnenden Schweißtropfen u. s. w. dienen die Augenbrauen, die Augenwimpern und die mit besondern Schließ- und Oeffnungsmuskeln versehenen Augenlider. Die vordere Fläche des Auges ständig feucht und rein zu erhalten, tragen die an dem äußern Winkel und unter dem Dache der Augenhöhle gelegenen Thränendrüsen Sorge; ihr Absonderungsprodukt, die salzige Thränenfeuchtigkeit, tritt aus den Ausführungsgängen der Drüsen an der innern Fläche der obern Augenlider nahe dem äußern Augenwinkel hervor, fließt quer über die Vorderfläche des Auges hinweg und wird im innern Augenwinkel wieder von den sog. Thränenpunkten, den Oeffnungen des sog. Thränensackes, der seinen Inhalt wieder der Nasenhöhle zuführt, aufgenommen. Das Auge zu bewegen dienen endlich die Augenmuskeln, die, wie wir schon früher erfahren haben, von dem dritten, vierten und sechsten Gehirnnervenpaar zur Bewegung veranlaßt werden (Fig. 142 a. f. S.). So umgeben, nimmt

der Augapfel selbst, eine von verschiedenen, zum größten Theil durch-

Fig. 142. *)



sichtigen Gebilden erfüllte Hohlkugel, den mittleren Theil der Augenhöhle ein. Die aus verschiedenen Schichten gebildete Wand dieser Hohlkugel läßt aber kein Licht durch sich hindurch. Nur an der vorderen Fläche findet sich in die undurchsichtige, weiße Haut, die uhrglasförmige, durchsichtige sog. Hornhaut eingesetzt, und durch sie hindurch dringen die Lichtstrahlen in das Innere des Auges ein. Hinter dieser Hornhaut, die wie die ganze vordere Fläche des Augapfels von der zarten, die Lider und den Augapfel verbindenden, sog. Bindehaut überzogen, an ihrer hintern Fläche aber ebenfalls von einer äußerst

---

*) Idealer senkrechter Durchschnitt des menschlichen Auges. — aa obere und untere knöcherne Wand der Augenhöhle. b Der das obere Augenlid hebende Muskel. c Oberer grader Augenmuskel. d Unterer schräger Augenmuskel. e Unterer grader Augenmuskel. f Oberes, g Unteres Augenlid. h Hornhaut, vorn von der Bindehaut, hinten von der Descemett'schen Haut überkleidet. i Augenkammer, die durch die Iris in einen vorderen und hinteren Abschnitt getheilt wird. Hinter der Iris liegt der sog. Ciliarkörper. l Linse, von der Kapselhaut umkleidet. k Glaskörper, von einer feinen Begränzungshaut umgeben. Dieser folgt nach außen r, die Netzhaut oder Retina (Ausbreitung des Sehnerven); dieser wieder die als schwarze Linie dargestellte Gefäßhaut; und dieser wieder m, die Sklerotica oder weiße Haut. s Der Sehnerv. —

zarten, der sog. Descemett'schen Haut überkleidet ist, befindet sich ein mit dem durchaus klaren Augenkammerwasser erfüllter Hohlraum, die sog. vordere Augenkammer, die von den weiter nach hinten gelegenen Theilen theils durch die verschieden gefärbte, einem Vorhange vergleichbare Regenbogenhaut (Iris) abgeschieden ist, theils aber auch mit ihnen durch die in der Mitte der Regenbogenhaut befindliche, schwarz erscheinende Oeffnung die sog. Pupille, in Communication steht. Allein schon dicht hinter dieser Oeffnung wird der Hohlraum auch hier durch die daselbst gelegene Crystalllinse und den sie umgebenden, aus elastischen Fasern und Blutgefäßen bestehenden, sog. Ciliarkörper abgeschlossen, ein Abschluß, welcher durch den hinter der Linse gelegenen, umfangreichen sog. Glaskörper und durch die diesen ebenso, wie die Linse, in Form einer Kapsel überziehende, äußerst feine Begränzungs- und Linsenkapselhaut vervollständigt wird. Diese Begränzungshaut des der Masse nach wesentlichsten Inhaltes des Augapfels, des Glaskörpers, gränzt nun aber unmittelbar an die sog. Netz- oder Nervenhaut des Auges, welche von den flächenförmig ausgebreiteten, mit den schon bekannten eigenthümlichen Endapparaten versehenen Fasern des Sehnerven gebildet wird. Die Nervenhaut wieder ist von der aus dunkelbraunen Farbstoff haltigen Zellen, Blutgefäßen und elastischen Fasern zusammengesetzten sog. Gefäßhaut (Choroidea) umgeben, und diese wieder wird von der starken, aus dichtgelagerten Fasern bestehenden, weißen Haut, der sog. Sklerotica, die bis an die Hornhaut hinanreicht, umhüllt. Wir können darnach die Hornhaut gewissermaaßen als die Fortsetzung der weißen Haut betrachten, während die Iris und der Ciliarkörper bestimmt als die Fortsetzung der der weißen Haut innen anliegenden Gefäßhaut anzusehen sind.

Mit Hülfe der beigegebenen Figur wird es leicht sein, von den Lagerungsverhältnissen dieser einzelnen Theile des Auges eine richtige Anschauung zu gewinnen. Schwierig, und für die richtige Vorstellung von der Leistung des Auges doch unerläßlich nothwendig, ist dagegen die Darstellung und Auffassung des feineren Baues der die Lichtempfindung vermittelnden Netz- oder Nervenhaut. Die hierauf bezüglichen Ergebnisse älterer und insonderheit neuester Forschungen von H. Müller, Kölliker u. A. lassen sich in Kürze etwa

in Folgendem zusammenfassen. Der Sehnerv tritt von dem Gehirn aus, an der hintern Fläche des Augapfels und etwas nach innen von der Achse desselben, als dickes Bündel unzähliger Nervenröhren durch die weiße und die Gefäßhaut, hindurch. Angelangt im Innern des Augapfels entfalten sich jetzt seine Fasern nach allen Richtungen, um, einem Schirme vergleichbar, die hintere und größere Hälfte des Glaskörpers zu umfassen. Eine jede dieser Fasern verbindet sich aber früher oder später mit einer Ganglienzelle, die ihrerseits wieder mit den beibezeichneten eigenthümlichen Endapparaten der Sehnervenfasern in Verbindung steht. Diese Apparate (Fig. 143) stehen dichtgedrängt zu Tausenden senkrecht

Fig. 143 a.*)

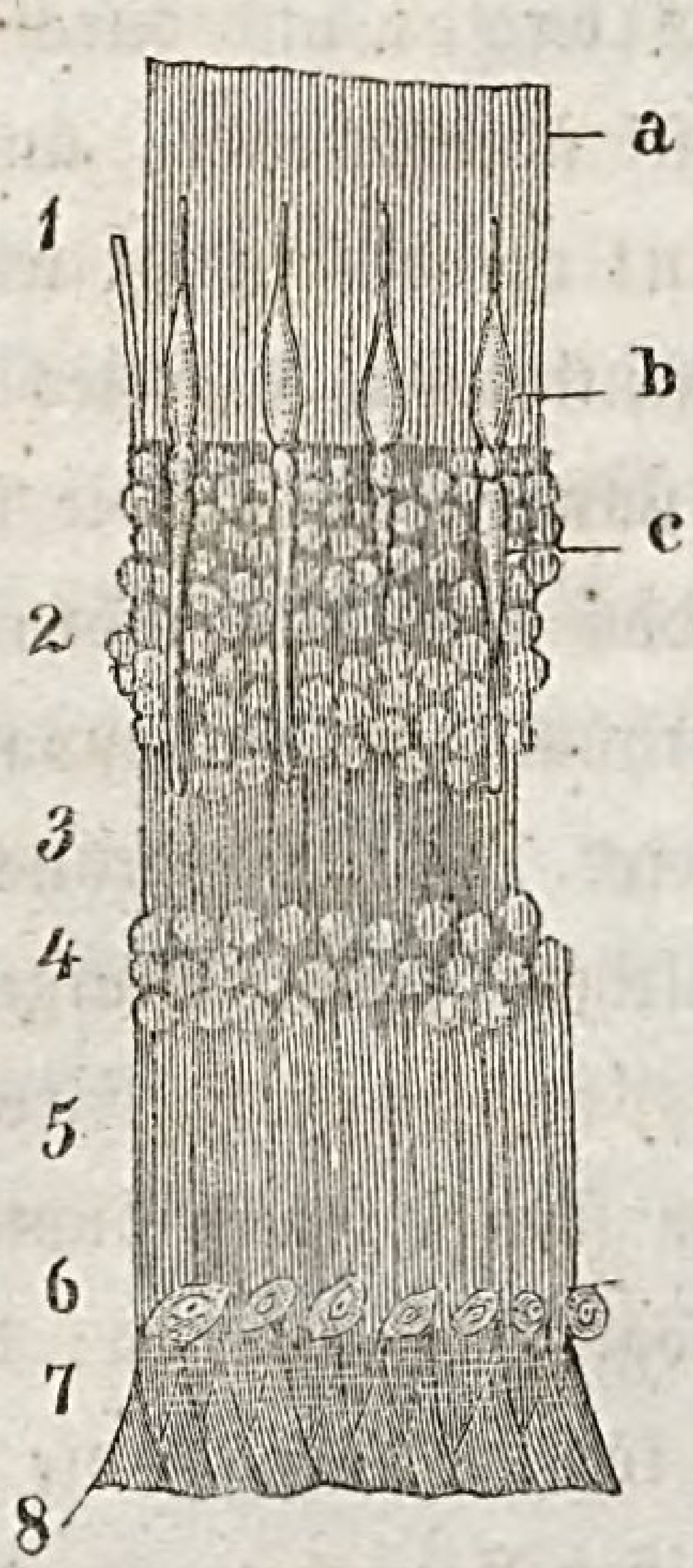
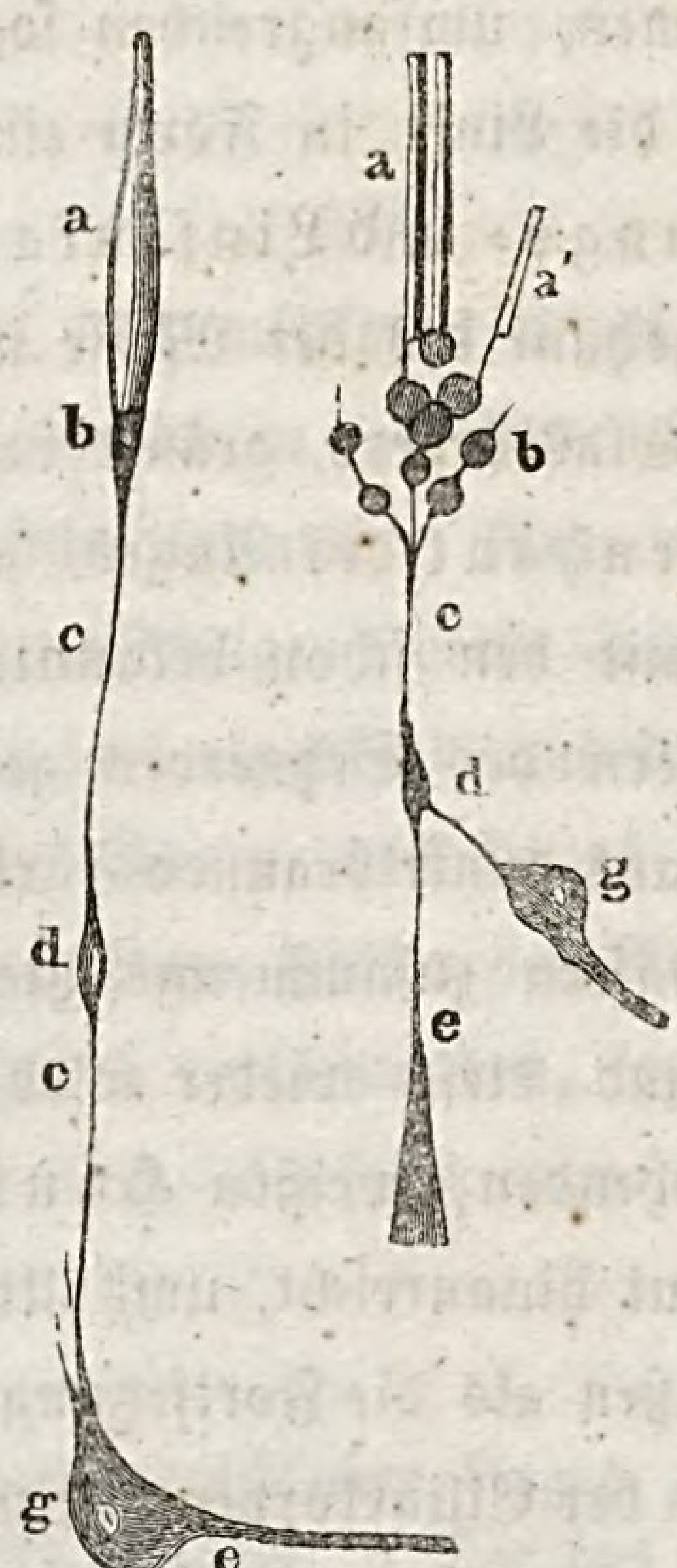


Fig. 143 b (s. S. 64).



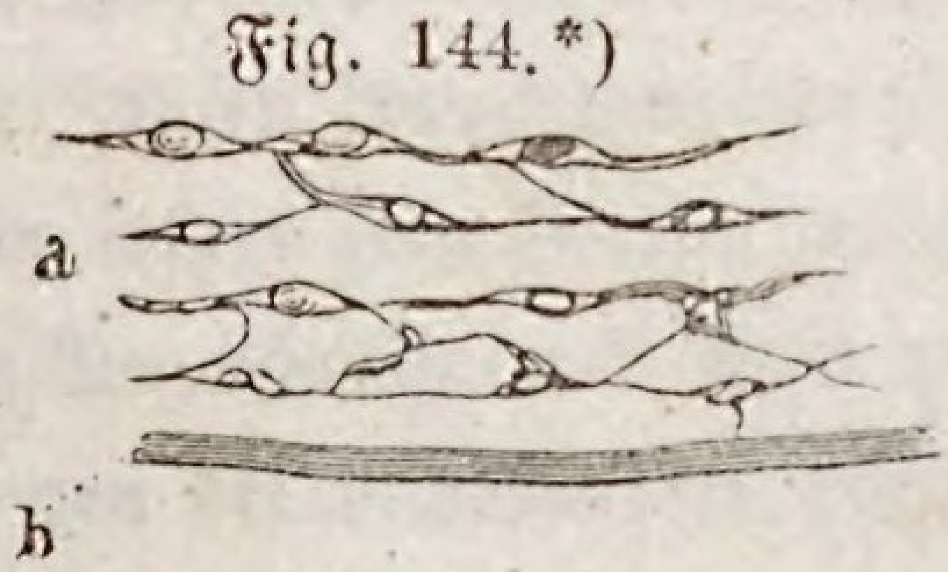
auf der Begränzungshaut des Glaskörpers, verleihen der Netzhaut durch die Lagerung ihrer einzelnen Theile in gleichem Niveau den Anschein eines geschichteten Baues, und sie eben sind es, die, durch den

*) Senkrechter Durchschnitt von außen nach innen durch die menschliche Netzhaut. 1 Stäbchenschicht. 2 Aeußere Körnerschicht. 3 Zwischenkörnerschicht. 4 Innere Körnerschicht. 5 Feingranulirte Schicht. 6 Ganglienzellenschicht. 7 Sehnervfasern und innere Enden der sog. Radialfasern. 8 Begränzungshaut des Glaskörpers. — a Stäbchen. b Zapfen. c Zapfenkörner. (Nach Kölliker a. a. O.)

Lichtstrahl in eigenthümlicher Weise erregt, diese Erregung auf die Nervenfaser übertragen. Fällt nun ein Lichtstrahl auf das Auge, so dringt er zunächst durch die Hornhaut ein, durchläuft die in der vorderen Augenkammer enthaltene Flüssigkeit, geht durch die Linse und den Glaskörper hindurch, durchdringt wahrscheinlich zunächst auch die Nervenfaserschicht der Netzhaut, wird dann aber von den Stäbchen und Zapfen aufgefangen und von diesen erst als Nervenreiz den Fasern des Sehnerven rückwärts überliefert. Ueber die physiologische Bedeutung der einzelnen Theile der Endapparate der Sehnervenfasern läßt sich bis dahin kaum etwas Bestimmtes angeben. Sei es jedoch erwähnt, daß an einem, und zwar dem dem hintern Ende der Augenachse entsprechenden Punkte der Nervenhaut die Nervenfasern auseinanderweichen und eine Lücke zwischen sich lassen, so daß ein diese Stelle treffender Lichtstrahl leichter, als an andern Stellen, die Stäbchenschicht der Netzhaut erreichen kann. Dieser sog. gelbe Fleck der Netzhaut besitzt nun aber gerade die stärkste Empfindlichkeit gegen den Lichtstrahl, und es ist deshalb wahrscheinlich, daß die Stäbchen die eigentlichen, lichtauffangenden Gebilde sind.

Die durchsichtigen Theile des Auges haben sämmtlich die Aufgabe, die von einem Punkte ausgehenden und auf die Hornhaut treffenden Lichtstrahlen von ihrer anfänglichen Richtung abzulenken und der Art zu vereinigen, daß sie in einem Punkte des innern Auges, der vermöge des sog. Accommodationsvermögens des Auges immer in die Netzhaut gebracht werden kann, zusammentreffen und damit ein punktförmiges Bild ihres Ausgangspunktes erzeugen. Wir haben, als zu diesen Theilen gehörig, die Hornhaut, die Augenkammerflüssigkeit, die Linse und den Glaskörper kennen gelernt. Nur wenige Bemerkungen noch über die Structur derselben. Die Hornhaut wird, abgesehen von ihrem vorderen und hinteren Ueberzuge, aus netzförmig verflochtenen Bindegewebsfasern (Fig. 144)

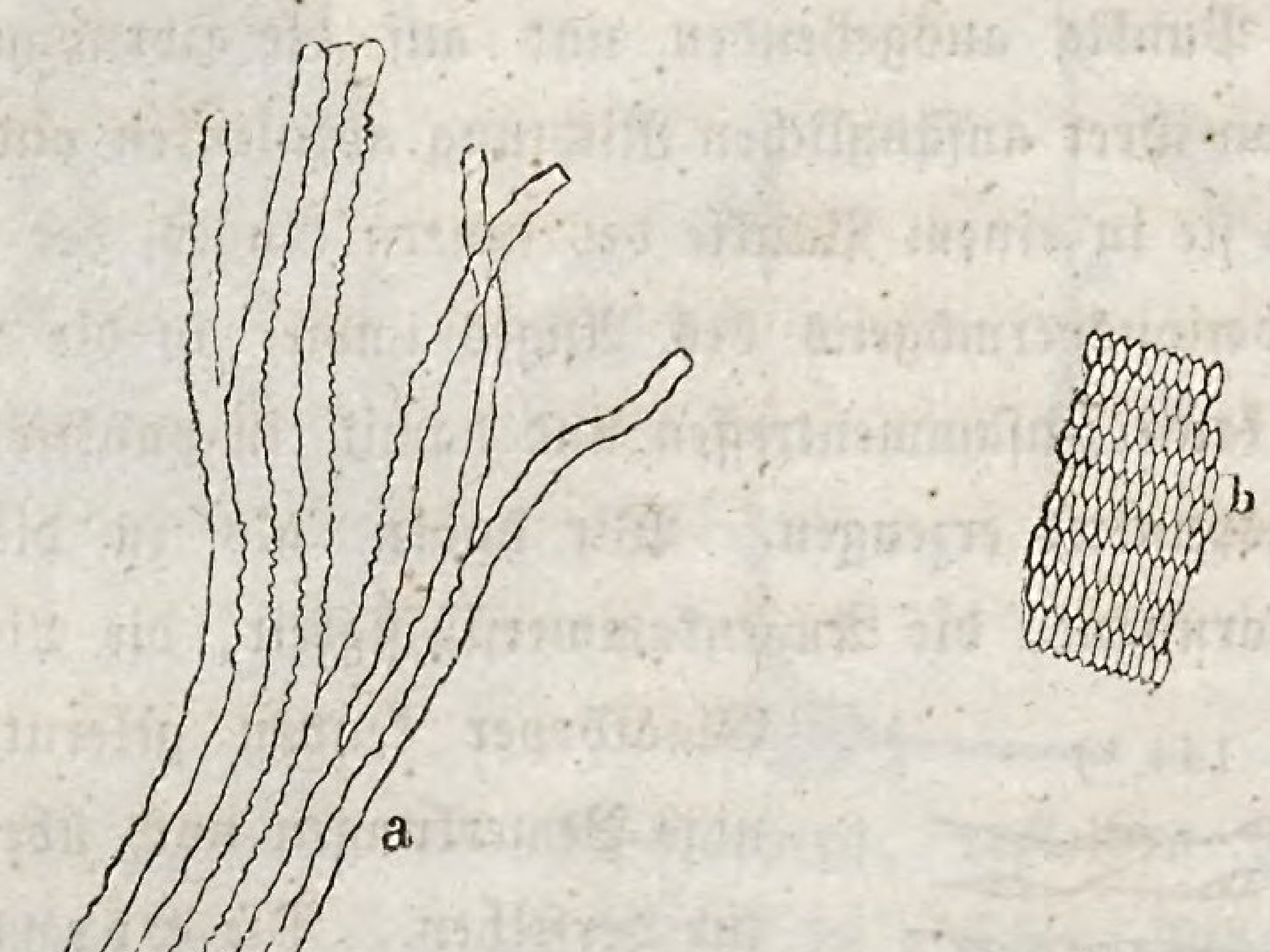
Fig. 144.*)



*) Hinteres Stück der Hornhaut. a Entwickeltes Fasergewebe der Hornhaut mit communicirenden sog. Bindegewebskörperchen. b Structurlose Descemett'sche Haut an der hintern Fläche der Hornhaut.

gebildet, die ein durch zarte Röhren verbundenes System von Zellen dicht umstricken, ein System, welches mit dem aus den Blutgefäßen aufgesaugten Ernährungssaft erfüllt, denselben allen Theilen der Hornhaut zuführt. Eine derartige Einrichtung zartester, mit Ernährungsflüssigkeit erfüllter Zellhöhlen und Canäle findet sich in verschiedenen Geweben des Thierkörpers, deren feste, dichte Structur den Eintritt von wahren, Blutkörperchen tragenden Blutgefäßen unmöglich machte, so z. B. in den Knochen, den Zähnen u. s. w., ganz abgesehen davon, daß in der Hornhaut das Kreisen von Blutkörperchen das Sehen ständig getrübt haben würde. Das Augenkammerwasser ist eine helle, klare Flüssigkeit, die in ihrer Zusammensetzung Aehnlichkeit mit dem später zu erwähnenden Blutserum hat. Die Linse ferner ist ein biconvexer, vorn aber weniger, als hinten gewölbter, crystallheller, festweicher Körper, der von einer Kapsel umschlossen, in der sog. tellerförmigen Grube des Glaskörpers ruht, und von außen nach innen an Festigkeit seiner Substanz zunimmt. Ihre eigentliche Substanz besteht aus den sog. Linsenfasern, sechseckigen zarten Röhren (Fig. 145), die mit einem zäh-

Fig. 145.*)



flüssigen, stark lichtbrechenden Inhalt erfüllt sind. Ueber die Anord-

*) Linsenfasern. a Vom Ochsen mit leicht zackigen Rändern (350mal vergr.), der Länge nach. b Querschnitt der Fasern vom Menschen (350mal vergr.). — (Nach Kölliker Mikroskop. Anatom. Bd. 2. S. 704. —)

nung dieser Fasern ist man jedoch noch nicht ganz im Klaren. Während sie nach der bis dahin herrschenden Ansicht von Kölliker u. A. nie die ganze Linse, sondern nur etwas weniger als die Hälfte umfassen und sich ihre Lagerung der Art gestaltet, daß sie auf der hintern, wie vorderen Fläche der Linse eine sternförmige Figur bilden, machen es neuere Untersuchungen von Dr. Thomas aus Königsberg und Prof. Czermak *) wahrscheinlich, daß die Fasern der Linse verschiedene concentrische Kreise bilden, über deren Vorhandensein bei den Fischen vorläufig mit Bestimmtheit entschieden ist. — Der Glaskörper endlich ist eine glashelle, zähflüssige Masse, in der sich nicht, wie man früher annahm, häutige Scheidewände, sondern nur einzelne, zerstreute, gegen die Peripherie hin angehäufte, runde oder langgestreckte, kernhaltige Zellen finden. Er ist dabei, wie schon erwähnt, von einer Begränzungshaut umgeben, die sich vorn in zwei Blätter spaltet, und in dieser Weise die Kapsel der Linse bildet (s. Fig. 142).

Es kann hier nun nicht unsere Aufgabe sein, den Gang oder die Brechung der Lichtstrahlen in den einzelnen Medien des Auges zu untersuchen; eine verständliche Mittheilung der in dieser Beziehung bahnbrechenden, trefflichen Arbeiten von Listing **) würde uns zu weit vom Wege abführen. Nur so viel wollen wir erwähnen, daß die von einem Gegenstande ausgehenden Lichtstrahlen, ähnlich wie in einer camera obscura, auf der hintern, innern Fläche des Auges ein verkleinertes Bild des Gegenstandes (Fig. 146 a. f. S.), aber in umgekehrter Stellung, entwerfen, und daß wir uns hier jeden einzelnen Punkt des Objectes ebenfalls als einzelnen Punkt von einem besondern Stäbchen oder Zapfen percipirt vorstellen müssen. Jede vermittelst dieser Stäbchen oder Zapfen hervorgerufene Erregung einer Faser des Sehnerven wird sodann sofort zum Gehirn fortgeleitet, gelangt hier erst als Lichtempfindung zum Bewußtsein, und wird von unserm Urtheil auf den Ausgangspunkt, auf den die Lichtstrahlen entsendenden Gegenstand zurückgeführt.

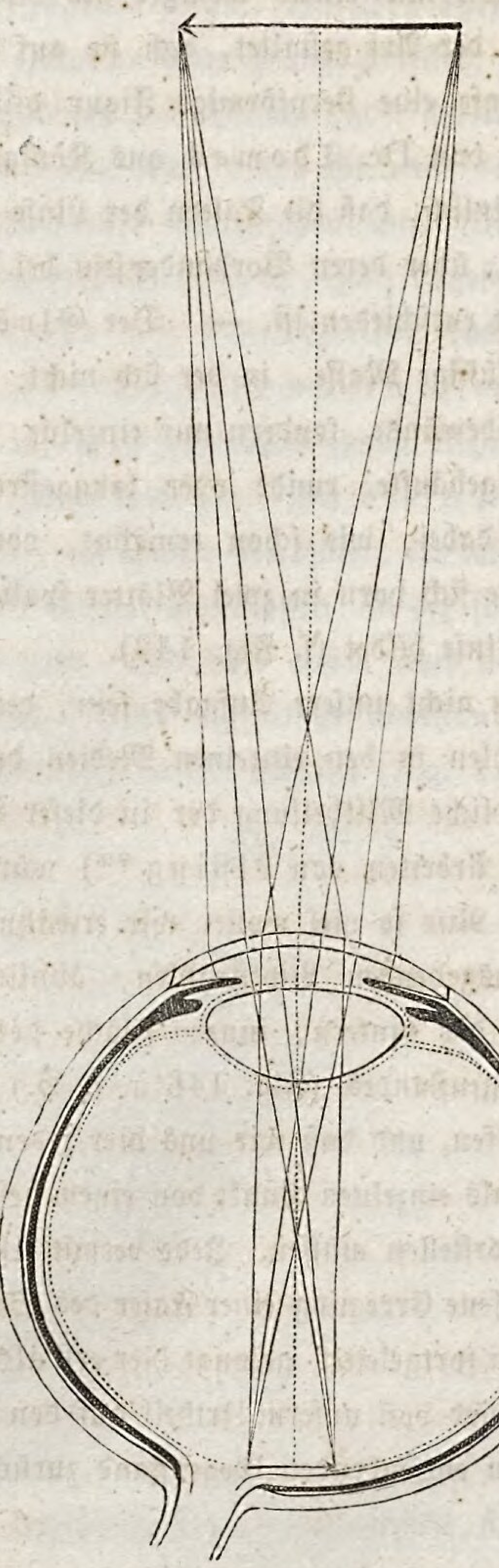
---

*) Vgl. von Siebold und Kölliker's Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. 1855. Bd. 7. Hft. 3.

**) S. Listing: Mathematische Discussion des Ganges der Lichtstrahlen im Auge in Rud. Wagner's Handwörterb. der Physiol. Bd. IV.

Wie in unsern optischen Instrumenten, so würden aber auch im

Fig. 146.



Auge mannigfache Störungen der Gesichtswahrnehmungen entstehen, wenn ihnen nicht, gleichwie in jenen Instrumenten, durch gewisse Vorrichtungen, durch sog. Correctionsapparate vorgebeugt wäre.

Es bildet sich, wenn wir durch einfache Glaslinsen sehen, in Folge einer verschiedenen Brechung der Lichtstrahlen am Rande und in der Mitte der Linse ein farbiger Kreis; aus demselben Grunde ferner treffen diesseits der Linse die sog. Randstrahlen früher zusammen, als die centralen, und das Bild wird in Folge davon undeutlich. Um diese sog. chromatische und sphärische Aberration der Lichtstrahlen abzuhalten, verbindet der Optiker bekanntlich mehre Linsen mit einander, setzt seine feinsten, sog. achromatischen und aplanatischen Linsensysteme aus verschiedenem Glas, aus Kron- und Flintglas, zusammen, giebt der vordern und hintern Fläche der Linse eine verschiedene Wölbung, und versieht endlich seine Instrumente noch mit einer die Randstrahlen abhaltenden sog. Blendung. Ganz in ähnlicher Weise ist aber im Auge der Möglichkeit jener Störungen vorgebeugt. Gleich einer Blendung hängt die Iris vor der Linse und verhütet, daß der Rand derselben überhaupt von Lichtstrahlen getroffen wird; und in der bereits geschilderten Zusammensetzung und Form der Linse selbst müssen wir eine zweite Bedingung für die Vermeidung sphärischer und chromatischer Aberrationen der Lichtstrahlen im Auge erblicken. Doch nicht nur das. Die an Blutgefäßen und Nerven reiche, an ihrer hintern Fläche mit dunkeln Farbstoff haltigen Zellen versehene Iris besitzt auch verschiedene kreisförmig und strahlenförmig geordnete Muskelfasern, und während die ersteren durch ihre Zusammenziehung eine Verengerung der Pupille verursachen, führen die zweiten in gleicher Weise eine Erweiterung derselben herbei. Diese Verengerungen und Erweiterungen der Pupille, von denen sich ein Jeder leicht überzeugen kann, dienen aber, jene, um bei zu scharfem Licht eine größere Anzahl von Strahlen abzuhalten, diese, um bei schwächerem Licht eine größere Menge von Licht in das Auge einzulassen, und, unwillkürlich nach dem Gesetze der Reflexbewegungen sich bewegend, sind es somit diese Muskeln der Regenbogenhaut, denen wir eine zweckentsprechende Regulation der dem Auge unter verschiedenen Verhältnissen zusagenden und erforderlichen Lichtmenge verdanken. Durch die dunkeln Farbstoff enthaltenden Zellen der Innenfläche der Gefäßhaut (Fig. 147 a. f. S.) ist endlich dafür gesorgt, daß die neben den jedesmal zu percipirenden Lichtstrahlen eines bestimmten Objectes einfallenden überflüssigen Strahlen aufgesogen

werden und somit die deutliche Wahrnehmung des ersteren nicht beeinträchtigen.

Fig. 147. *)



Die ersteren selbst werden aber ebenfalls zum großen Theile von der Gefäßhaut absorbirt, während derjenige Theil derselben, welcher etwa zurückgeworfen wird, auf denselben Wegen, auf welchen er ins Auge gelangte, auch wieder nach dem leuchtenden Objectpunkte zurück, hinaustritt.

Endlich haben wir noch eines besonderen Vermögens des Auges, des sog. Accommodationsvermögens zu gedenken. Man versteht darunter die Fähigkeit des Auges, sich verschieden weit entfernten Gegenständen der Art zu accommodiren, daß die Gegenstände dennoch immer deutlich gesehen werden, d. h. der Vereinigungspunkt der einzelnen, von einem Punkte derselben ausgehenden Strahlen in die Netzhaut fällt. Es wird einem Jeden bekannt sein daß je nach der Entfernung eines Gegenstandes von der Linse einer camera obscura, die das Bild desselben aufnehmende Glastafel der Linse bald näher, bald ferner gerückt werden muß; näher, bei weiterer Entfernung des Gegenstandes, ferner, bei größerer Nähe desselben. Es ist dies deshalb erforderlich, weil die Strahlen eines ferner liegenden Punktes früher hinter der Linse zusammentreffen, als die eines näher liegenden Punktes, das deutliche Bild aber immer nur da gebildet wird, wo sich die Strahlen eben vereinigen. Es mußte also auch im Auge, um dasselbe für alle Entfernungen zur Bildung deutlicher Bilder zu befähigen, beim Blick auf verschieden weit entfernte Gegenstände eine Verschiebung entweder der percipirenden Netzhautfläche oder der Linse selbst eintreten, falls der Brennpunkt der Lichtstrahlen immer in die Netzhaut fallen, d. h. ein deutliches Bild entstehen sollte. Allein die Natur hat dennoch keins von diesen Hülfsmitteln gewählt. Nach den schönen neuern Untersuchungen von Cramer und

*) Farbstoff (Pigment-) Zellen von der innern Fläche der Gefäßhaut, eine einfache Lage schöner, fast regelmäßig sechsseitiger, 0,006—0,008 ''' breiter, und 0,004 ''' dicker Zellen mit hellen Kernen bildend. a Von der Fläche. b Von der Seite. (Nach Kölliker. Mikroskop. Anatomie. Bd. II. S. 632.)

Helmholtz hat sie vielmehr in der Weise die Accommodation des Auges für alle Entfernungen ermöglicht, daß sich bei der Richtung des Blickes auf näher liegende Gegenstände die vordere Wand der Linsenkapsel hervordrängt, nach vorn wölbt, wodurch eine stärkere Brechung der Lichtstrahlen und der Einfall des Brennpunktes derselben in die Netzhaut bedingt wird. Was diese Formveränderung der vorderen Linsenkapsel bedingt, ist bis dahin noch nicht entschieden; doch dürfte es nicht unwahrscheinlich sein, daß die Wölbung durch einen Druck des sog Ciliarkörpers und seiner Fortsätze auf den Rand der Kapsel der Linse, der Zurücktritt dieser Wölbung aber durch die Elasticität der Linsenkapselhaut bedingt wird.

Es war bis dahin immer nur von einem Auge die Rede. Sehen wir aber nicht dennoch mit zwei Augen, und erzeugt der beide Augen treffende Eindruck nicht nur eine Wahrnehmung? Wir können uns diese Erscheinung nur in der Weise erklären, daß bestimmten Punkten der Netzhaut des einen Auges ganz bestimmte Punkte der Netzhaut des andern Auges entsprechen, daß ferner die gleichzeitige Erregung dieser beiden „identischen" Punkte durch einen Lichtstrahl jedesmal auch die Erregung bestimmter Nervenfasern bedingt, und diese beiden Fasern einem und demselben, das Bewußtwerden der Lichtempfindung vermittelndem Centralpunkte im Gehirn angehören. Der Zweck der doppelten Bildpunkte scheint aber einmal eine größere Schärfe der Gesichtswahrnehmung zu sein, während andrerseits das Sehen mit beiden Augen das Urtheil über die Entfernung der Objecte unterstützt. Um nämlich einen Punkt scharf zu sehen, richten wir unwillkürlich die Augen so, daß sich die Augenachsen in dem fixirten Punkte schneiden, näher oder ferner von diesem Punkte gelegene Gegenstände erscheinen undeutlicher, in gewissen Stellungen selbst doppelt, und die Beurtheilung der Ferne des fixirten Punktes wird damit nicht unwesentlich erleichtert. —

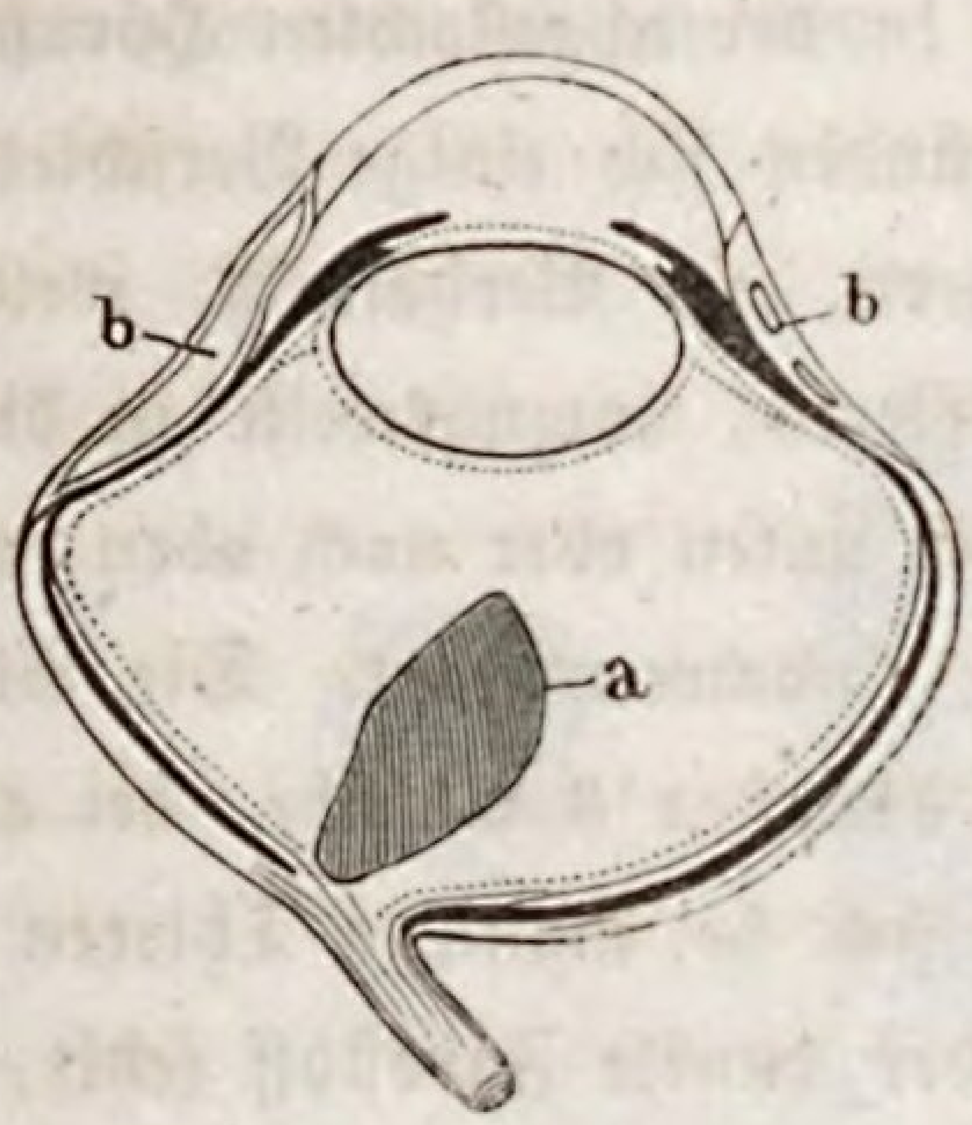
So viel vom Auge des Menschen, das vorzugsweise durch die combinirte oder theilweise Thätigkeit seiner Muskeln, durch deren größere oder geringere Spannung, durch einen reichlichern oder sparsamern Zufluß der Thränenfeuchtigkeit, jenen mannigfachen Wechsel von Bildern seelischer und körperlicher Zustände darbietet, den wir täglich zum

Gegenstand unseres Urtheils machen, und der uns in wahren Zügen dort die kraftvolle Energie, dort die geistige und körperliche Schwäche, dort die Freude, dort die Bekümmerniß des Gemüthes verräth. Ganz nach dem Typus dieses Auges sind nun im Wesentlichen auch die Augen sämmtlicher Wirbelthiere gebildet, wenn auch die einzelnen Theile desselben je nach Aufenthalt und Lebensart des Thieres, je nach der Nothwendigkeit schärferer oder geringerer Gesichtswahrnehmung, mannigfache Modificationen darbieten. Um in Kürze nur einiger derselben zu gedenken, so kommen von den das Auge umgebenden Theilen die beiden Augenlider des Menschen bei Säugethieren und Vögeln allgemein vor, eben so bei einem Theile der Reptilien. Bei andern Reptilien, namentlich den Schlangen, sind sie aber mit einander verwachsen und bilden als durchsichtige Haut die vordere Wand eines mit Thränenflüssigkeit erfüllten, vor der Hornhaut gelegenen Hohlraumes. Den meisten Fischen fehlen die Augenlider. Bei vielen Säugethieren, allen Vögeln, manchen Reptilien und wenigen Fischen (Haien) findet sich aber noch ein drittes Augenlid, die sog. Nickhaut, welche sich vom innern Augenwinkel her über den Augapfel schiebt, und in der That durch einen in ihm gelegenen Knorpel mehr vorgeschoben, als vorgezogen wird. Die Thränendrüsen finden sich fast allgemein bei denjenigen Wirbelthieren, welche nicht im Wasser leben. Auch die Augenmuskeln sind bei allen Wirbelthieren fast dieselben; wo sich aber eine nach hinten weniger, als beim Menschen, geschlossene knöcherne Augenhöhle findet, ist das Auge auch in der Richtung von vorn nach hinten beweglich, und besitzt zum Zwecke dieser Bewegung einen besondern zurückziehenden Muskel.

Die Form des Augapfels selbst variirt bei den verschiedenen Wirbelthieren nicht unbedeutend. Das Auge der Fische ist mehr abgeflacht, als das der Säugethiere, und, wie bei ihnen, so ist bei allen Wasserbewohnern insonderheit die Hornhaut flacher, als bei Luftbewohnern. Es bedurfte hier keiner so starken Krümmung derselben, da der Lichtstrahl schon durch Wasser, welches er durchdringt und bevor er zum Auge gelangt, gebrochen wird. Eine noch größere Verschiedenheit bietet das Vogelauge dar. Nur noch die hintere Hälfte desselben hat die Kugelform beibehalten, die vordere besitzt dagegen die eines Kegels

mit abgerundeter Spitze (Fig. 148). Bergmann bezeichnet diese Einrichtung sinnreich als eine Sparsamkeitsbestrebung der Natur, da den Vögeln eine möglichst große Netzhautfläche zur Erzeugung großer und scharfer Bilder erforderlich war, eine dem entsprechende Kugelform des ganzen Auges aber einen zu großen Raum in Anspruch genommen haben würde. Die Farbe der allgemein vorkommenden Iris wechselt sehr. Bei den höhern Wirbelthieren erscheint sie, wie beim Menschen, grau, blau oder braun in Folge der an ihrer hintern Fläche gelegenen größern oder geringern Anzahl Farbstoff haltiger Zellen. Bei niedern Wirbelthieren kommen dagegen auch an der vordern Fläche Farbstoffe, und oft die prachtvollsten silber- und goldglänzenden, vor. Die mit quergestreiften Muskelfasern (s. u.) versehene Iris der Vögel zeichnet sich durch die Lebhaftigkeit und Raschheit ihrer Bewegungen aus, ein Verhältniß, welches nicht wenig dazu beiträgt, dem raschen Wechsel der Gesichtswahrnehmungen dieser Thiere die erforderliche Schärfe zu verbinden. „Man darf nur," sagt Bergmann, „an die Bewegungen einer Schwalbe denken, oder an kleinere Raubvögel, welche ihre Beute durch dichtes Gebüsch und Zweiggewirr im raschen Fluge verfolgen, so ist es klar, was dabei die Augen leisten müssen; in demselben Augenblick, in welchem ein Hinderniß vermieden wird, müssen auch schon wieder entferntere Objecte auf das Schärfste aufgefaßt werden u. s. w." — Die Oeffnung der Iris, die Pupille, hat bei verschiedenen Thieren eine verschiedene Gestalt; so ist sie rund beim Affen, beim Hunde u. s. w., längs-oval bei der Katze, quer-oval beim Schaaf u. s. w. Die Linse ist bei den Fischen

Fig. 148. *)



---

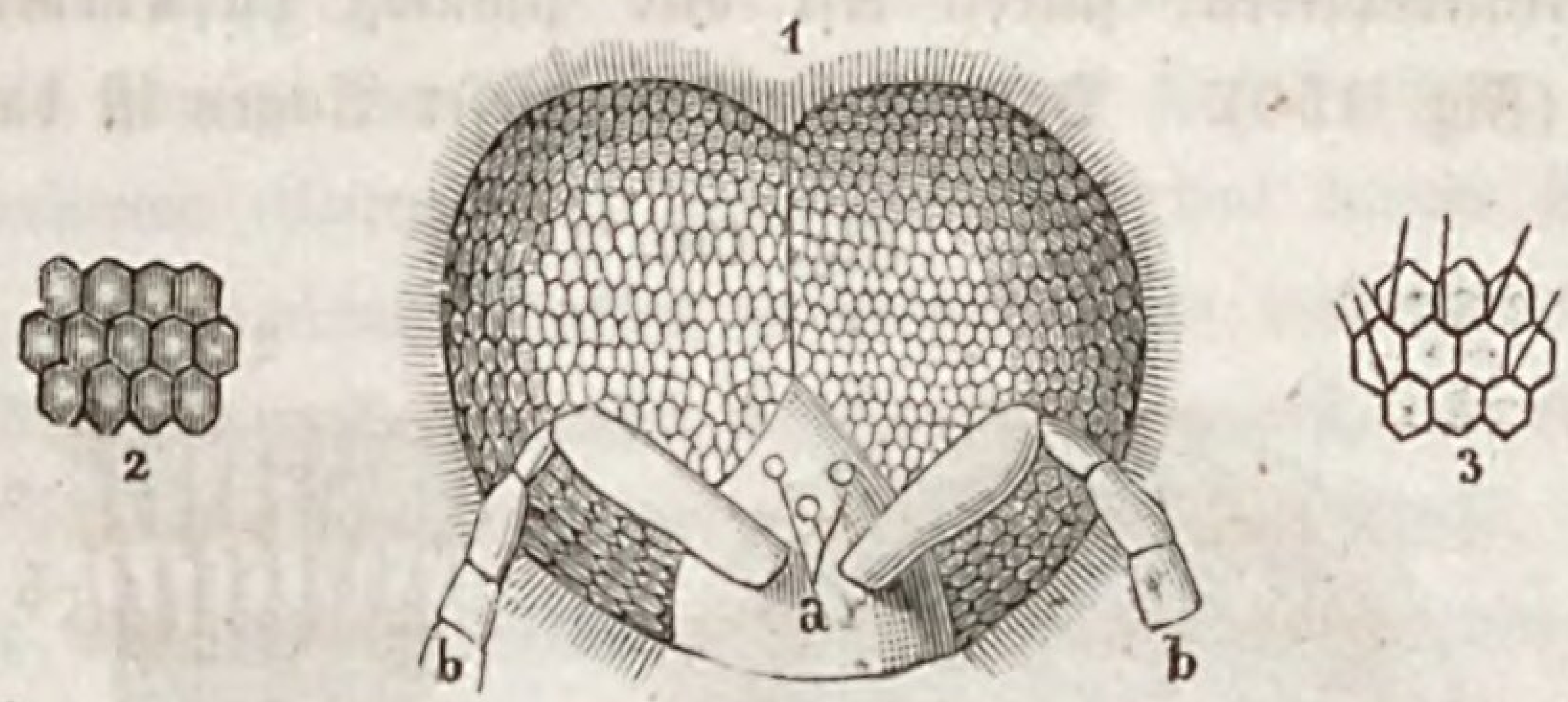
*) Auge des Königsadlers. a Fächer. b Durchschnittene Knochenschuppen der Sklerotica. Die übrigen Theile wie in Fig. 142. — (Nach Sömmering: de oculorum hominis animaliumque sectione horizontali. 1818.

kugelförmig, und härter, als bei den Landthieren; ihr Strahlenbrechungsvermögen muß demnach das der letztern bedeutend überwiegen, was mit der geringen Strahlenbrechung in der abgeflachten Hornhaut im Einklang steht. In der Netzhaut finden sich einige Verschiedenheiten in der Vertheilung der Nervenfasern, ein Verhältniß, welches wahrscheinlich mit dem Bedürfnisse des Thieres, vorzugsweise in dieser oder jener Richtung, also gerade aus, nach unten oder nach oben, oder nach allen Richtungen hin scharf zu sehen, zusammenhängt. Die Stäbchen und Zapfen finden sich aber, nach Kölliker's Angabe, bei allen Wirbelthieren. Die Aderhaut zeichnet sich bei manchen Thieren dadurch aus, daß ihr an gewissen Stellen der dunkle Farbstoff fehlt, an seiner Stelle sich aber ein Lager farbloser oder mit verschiedenartigen, zum Theil sehr glänzenden Farbstoffen erfüllter Zellen, die sog. Tapete, befindet. Dieses Zellenlager ist die Ursache des Leuchtens mancher Thieraugen, und sein Nutzen besteht wohl sonder Frage darin, einen Theil der Lichtstrahlen in der Art zu reflektiren, daß sie auch als reflektirte auf Stäbchen oder Zapfen treffen, so daß dieselben zweimal, von dem einfallenden sowohl, als reflektirten Lichtstrahl getroffen werden. Die Schärfe der Wahrnehmung wird dadurch, auch bei sehr wenigen in das Auge eindringenden Lichtstrahlen, bedeutend erhöht; die reflektirten, aus der Pupille wieder hervordringenden Strahlen bedingen es aber eben, daß wir den Hintergrund der Augen dieser Thiere leuchten sehen. Bei den Vögeln erhebt sich vom Grunde des Auges von der Gefäßhaut aus noch ein hautartiges, dunkel gefärbtes Gebilde in den Glaskörper hinein, der sog. Fächer, ein Organ, das wohl die Aufgabe hat, gegen zu vieles Licht Schutz zu verleihen. — Die weiße Haut (Sklerotica) hat bei vielen Thieren, z. B. den Walfischen, eine sehr beträchtliche Dicke, bei manchen enthält sie selbst Knorpel oder Knochen, wodurch, beim Mangel einer vollständigen knöchernen Augenhöhle für die Erhaltung der Form des Auges Sorge getragen ist.

Bei den wirbellosen Thieren findet sich zum Theil noch derselbe Typus im Bau des Auges, wie bei den Wirbelthieren; doch treten hier fast durchgehends Verschiedenheiten in Zahl und Lage, wie in der Ausbildung der einzelnen Theile des Sehorganes auf, bis wir endlich auch auf Thierformen stoßen, denen der Gesichtssinn zu mangeln scheint.

Zum Theil bieten die Wirbellosen aber auch einen ganz neuen Bautypus dar, den wir als den der „zusammengesetzten Augen" gegenüber dem obigen der „einfachen" bezeichnen (Fig. 149). Wo

Fig. 149. *)



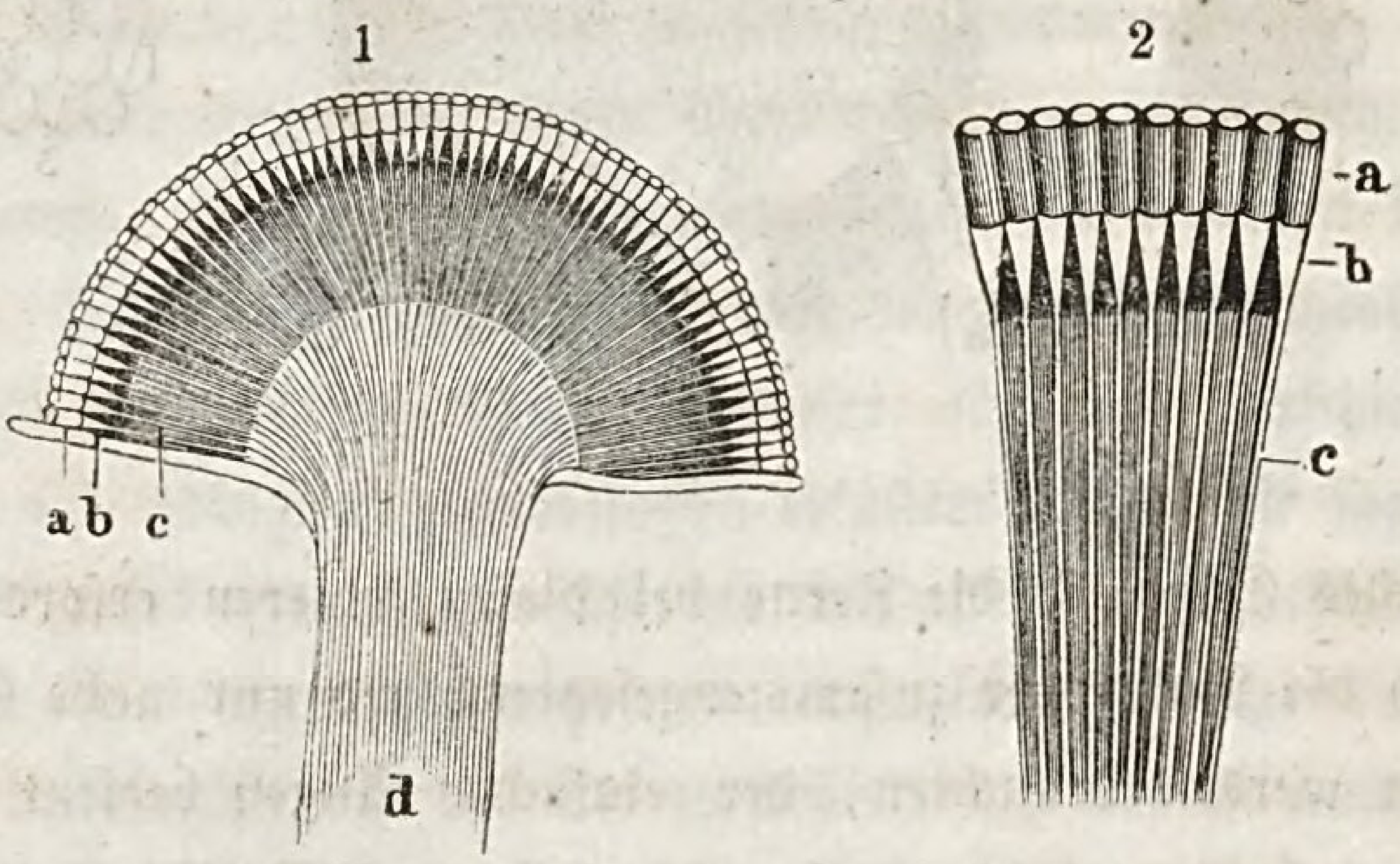
ein deutliches Sehen in die Ferne bei diesen Thieren erforderlich war, scheint sich die Natur der zusammengesetzten, wo nur nahe Gegenstände gesehen zu werden brauchten, der einfachen Augen bedient zu haben. Die ersteren finden wir deshalb auch fast ausschließlich bei den beflügelten Insekten und den rasch schwimmenden Krebsen, die letzteren aber, und oft nur in ganz rudimentärer Form, bei den übrigen Wirbellosen, so fern sie überhaupt mit Augen versehen sind. Wie überall, so sind übrigens auch hier die Organe den Bedürfnissen des Thieres angepaßt, und keineswegs würde es richtig sein, von dem höhern oder geringern Grade der Ausbildung der Thierform auf eine gleiche höhere und geringere Ausbildung des Gesichtssinnes zu schließen; giebt es doch Gliederthiere, wie manche Milben, schmarotzende Krebse u. s. w., die der Augen ganz entbehren, während sie sich bei den zu den Weichthieren gehörigen Kopffüßlern in einer fast den Wirbelthieren gleichen Vollkommenheit vorfinden! Bedurfte ein Thier eines schwächern oder stärkern Gesichtssinnes, so wurde es mit unvollkommnern oder vollkommnern Gesichtswerkzeugen versehen; bedurfte es desselben nicht, so wurde es

*) Kopf der Biene mit zusammengesetzten und a einfachen Augen. b Antennen. — 2 Einige isolirte Facetten. 3 Desgleichen mit Haaren an den Rändern. (Copie aus Carpenter's principles of physiology.)

auch mit keinem Sehorgan ausgestattet. Das Gesetz der Sparsamkeit in der Ausstattung der einzelnen Schöpfungen tritt uns auch hier in frappanter Weise entgegen.

Unter den Gliederthieren, und zwar bei den meisten Insekten und vielen Krustenthieren, finden wir also zunächst zusammengesetzte Augen (Fig. 150). Das Wesentliche dieser Augen ist das, daß die

Fig. 150. *)



einzelnen Fasern des Sehnerven, jede für sich, einem durchsichtigen vier- oder sechseckigen, pyramidalen oder kegelförmigen Körper verbunden sind, und diese „Glaskegel" nun, von denen jeder durch eine dunkle Farbstofflage von dem andern getrennt ist, mit ihren Spitzen nach hinten gerichtet, das eigentliche innere Auge zusammensetzen. Es fehlt diesen Augen durchaus eine äußere Hülle, eine Sklerotica; sie sind unmittelbar in die Körpersubstanz eingebettet. Nur an der vordern Fläche sind sie von der durchsichtigen, äußern Körperhaut überzogen, welche hier also die Stelle einer Hornhaut vertritt, und meistens den hinter ihr stehenden vier- oder sechseckigen Glaskörpern entsprechend, in kleine prismatische Körper, die sog. Facetten, abgetheilt ist, so daß die äußere Oberfläche des Auges ein facettirtes Ansehen erhält. Die Zahl der Glaskegel beläuft sich bei einzelnen Insekten auf 12—20,000, bei andern auf

*) Horizontaler Durchschnitt durch das Auge des Maikäfers. 2 in starker Vergrößerung. a Hornhautfacetten. b Glaskegel von Farbstoff umgeben. c Fasern des Sehnerven. d Stamm des Sehnerven. (Aus Carpenter's Principles of physiology.)

weniger, wie z. B. bei der Ameise nur auf 50. Die Schärfe der Gesichtswahrnehmung scheint von dieser größern oder geringern Zahl abzuhängen. Fragen wir aber nach der Art dieser Lichtperception dieser Augen, so müssen wir aus verschiedenen Gründen annehmen, daß ein jeder Kegel zur Zeit nur einen einzelnen Lichtstrahl, oder vielmehr die von einem Punkte ausgehenden Lichtstrahlen, zu der ihm verbundenen Nervenfaser hinleitet, sich das innere Bild also mosaikartig aus einzelnen Punkten zusammengesetzt; wahrscheinlich, und für viele Augen (z. B. mancher Krustenthiere) gewiß, ist es ferner, daß sich an den Kegeln ein vorderer, die Stelle einer Linse, und ein hinterer, die Stelle des Glaskörpers vertretender Abschnitt unterscheiden läßt. Damit wird aber, bei größerer Anzahl von Kegeln und hinreichendem Umfange des Auges, ein sehr vollkommenes Sehen, und eine ähnliche Feinheit der Gesichtsperception ermöglicht, wie bei den Wirbelthieren, deren beweglicher Sehapparat hier wegen der Kleinheit des Raumes nicht anzubringen war, falls er an Vollkommenheit nichts einbüßen sollte.

Andere Insekten, wie die Spinnen und Tausendfüßler, manche Krebse ferner, und nicht anders viele Würmer, sind den eben genannten gegenüber mit einfachen Augen ausgerüstet. Auch diese Augen sind überall fest in die Körpersubstanz eingebettet. Was ihnen damit aber an Beweglichkeit und Weite des Gesichtsfeldes verloren geht, ist durch eine größere Anzahl von Augen (bis zu 50 und 60) ersetzt. In den meisten dieser Augen findet sich eine Linse, ein Glaskörper, eine Netzhaut und eine dunkel gefärbte Aderhaut; die Stelle der Hornhaut ist aber nur durch die durchsichtige Körperhaut vertreten. Die Lage der Augen entspricht dabei dem Bedürfniß der einzelnen Thiere, vorzugsweise nach dieser oder jener Richtung zu sehen; Thiere aber, die wie die Eingeweide- und andere Würmer stets im Dunkel zu leben bestimmt sind, entbehren ganz der Augen. Einige Insekten sind auch mit beiden Arten von Augen, mit zusammengesetzten sowohl, als einfachen versehen, in welchem Falle die letztern dann zwischen den erstern liegen (s. Fig. 149). Es scheint, daß mit dieser Einrichtung die Möglichkeit des scharfen Sehens in nächster Nähe und auch für weitere Fernen herbeigeführt werden sollte.

Unter den Weichthieren zeichnen sich die Kopffüßler, also z. B. die Tintenfische, durch die Größe der Augen aus. Die Zahl derselben ist zwei. Aber auch hier findet sich keine Hornhaut; die Linse liegt vielmehr sogleich hinter der durchsichtigen äußern Körperhaut, nur durch eine wässrige Feuchtigkeit, die wahrscheinlich nichts anderes als von außen eingedrungenes Wasser ist, von ihr getrennt. Auch die Schnecken zeichnen sich durch die Zweizahl der Augen aus; es werden dieselben aber hier von einer vollständig geschlossenen, nur vorn durchsichtigen Haut (Sklerotica mit Hornhaut) gebildet, während sie im Innern meistens, wie die Augen der Würmer, Linse, Glaskörper, Netzhaut und Gefäßhaut enthalten. Die Zahl der augenlosen Schnecken ist klein; größer schon die der augenlosen kopflosen Weichthiere. Wo sich hier Augen finden, liegen dieselben meistens am Rande des Mantels, oder im ganzen Umfange des Mantels, oder mehr am hintern Ende, oder im Umkreis der Kiemen- und Kloaköffnung derselben.

Bei den noch übrigen Thieren, den Stachelhäutern, Quallen, Polypen und Infusorien fehlt wahrscheinlich meistens der Gesichtssinn; doch nimmt man hie und da, z. B. bei den Seesternen am Ende der Strahlen, regelmäßige dunkle Punkte wahr, die man für sog. Augenpunkte oder Sehorgane halten darf.

Den Bau des Auges wir haben damit durch die Thierreihe hindurch verfolgt. Wenden wir unsre Aufmerksamkeit jetzt dem zweiten Sinnesapparate, der die Communication der Außenwelt mit den Endigungen der sensibeln Nerven vermittelt, dem Gehörorgan zu. Nicht minder kunstvoll, wie der des Auges, ist sein innerer Bau; nicht anders, als beim Auge, haben uns auch hier erst die mikroscopischen Forschungen der neuesten Zeit Aufschluß gegeben über die wichtige Frage nach der Art der Endigung der Nervenfasern. Versuchen wir es, auch von seinen freilich schwierig darzustellenden Bauverhältnissen ein kurzes, allgemeines Bild zu entwerfen.

Sehen wir ab von den, wie beim Menschen, so auch bei den meisten Säugethieren, nicht aber bei andern Wirbelthieren vorkommenden, zum Auffangen der Schallwellen bestimmten Ohrmuscheln, dem äußern Theile des Gehörorgans, so besteht dasselbe in seiner vollkommensten Form aus zwei Hauptabschnitten, dem Schallleitungsapparate und dem

Schallaufnahmsapparate (Fig. 151). Der erstere ist durch das Trommelfell wieder in zwei Abschnitte abgetheilt, in den vorderen sog. äußern Gehörgang und die dahinter gelegene Paukenhöhle; den letzteren nennt man das Labyrinth, welches seinerseits durch zwei kleine Oeffnungen, das sog. runde und das ovale Fenster, die aber beide durch Häute verschlossen sind, gegen die Paukenhöhle abgegränzt ist. Von diesen Abschnitten, die bis auf den äußersten Theil des äußern Gehörganges in dem sog. Felsentheil des Schläfenbeins gleichsam ausgemeißelt sind, bildet der letztere (der äußere Gehörgang) eine einfache, innen von einer Fortsetzung der äußern Körperhaut überzogene, gegen das Trommelfell zu etwas erweiterte Röhre. In dem zweiten Abschnitt, der Paukenhöhle, befinden sich drei, unter sich verbundene sg. Gehörknöchelchen von der Gestalt eines Hammers, eines Ambosses und eines Steigbügels (Fig. 152), die einen Schallleitungsapparat zwischen Trommelfell und dem ovalen Fenster des Labyrinthes zu bilden bestimmt

Fig. 151.*)

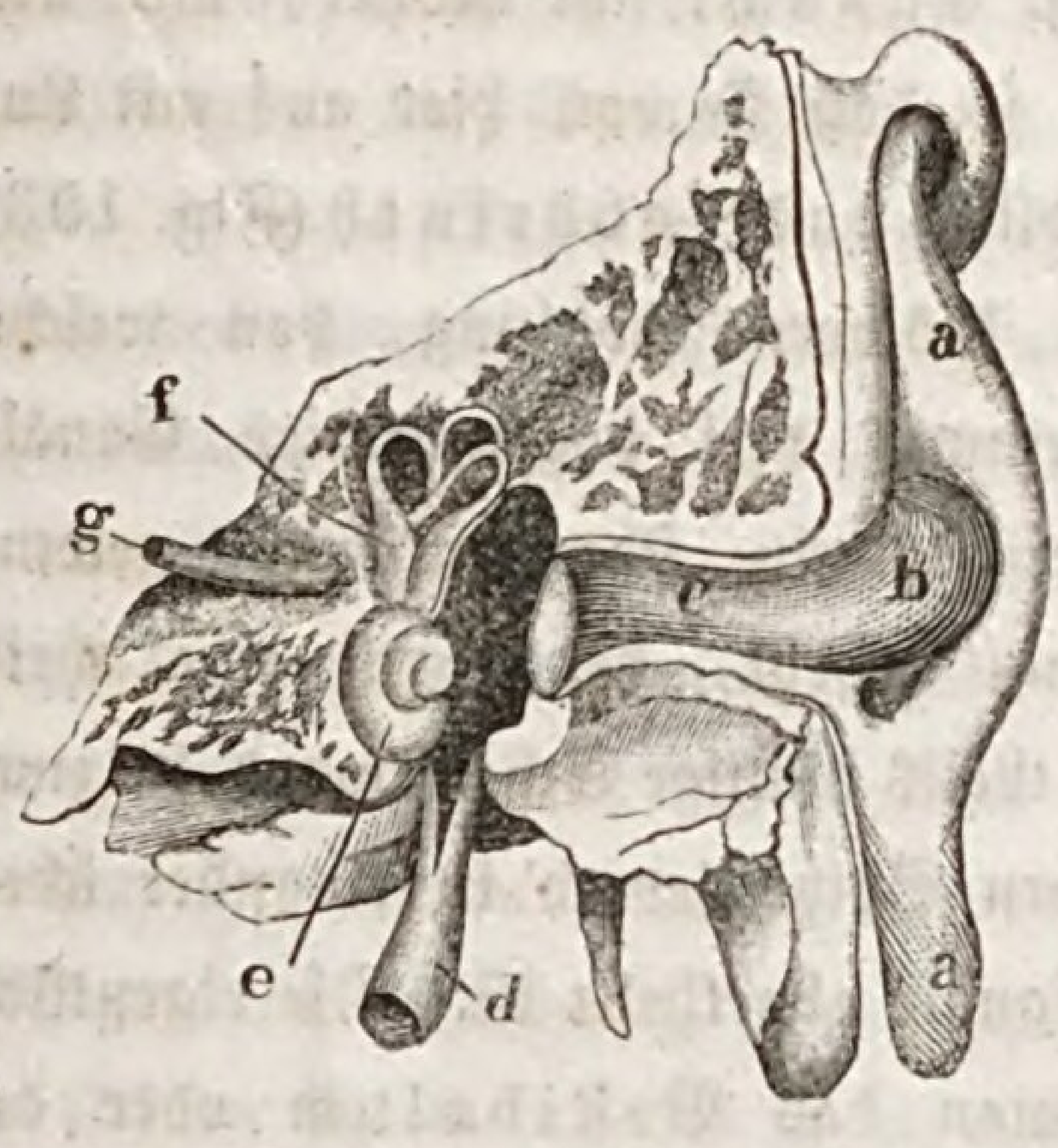
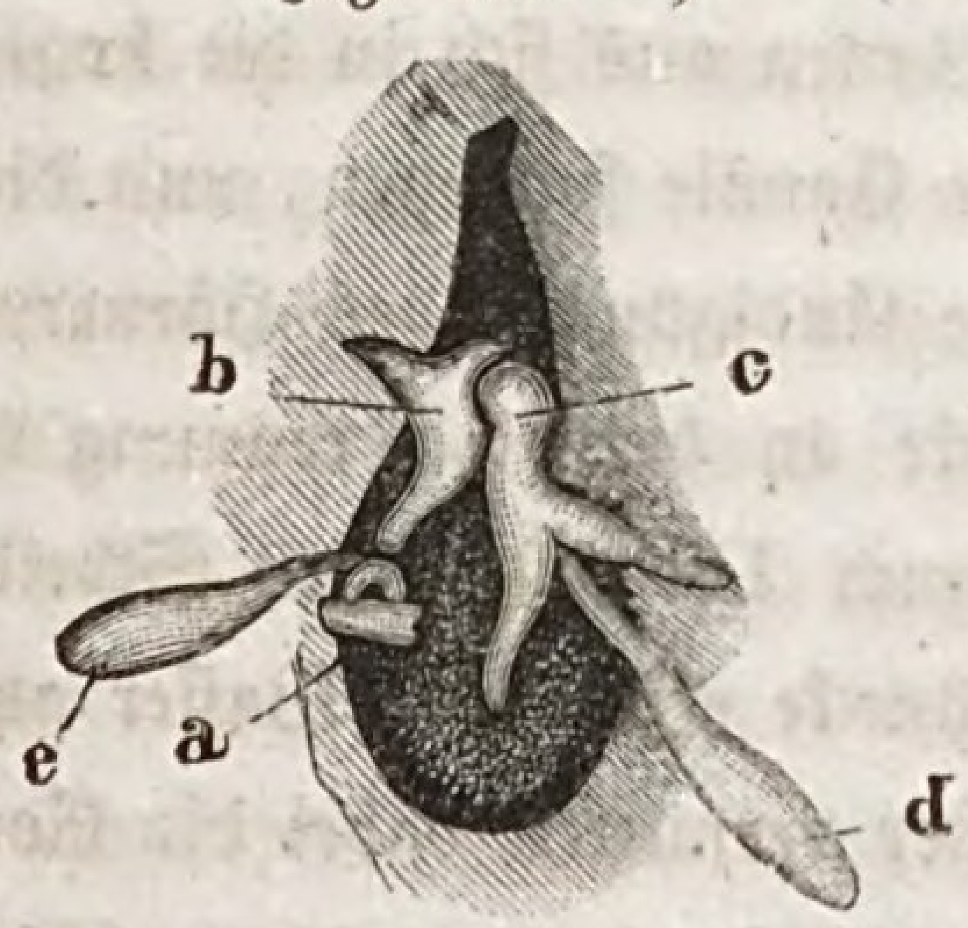


Fig. 152.**)

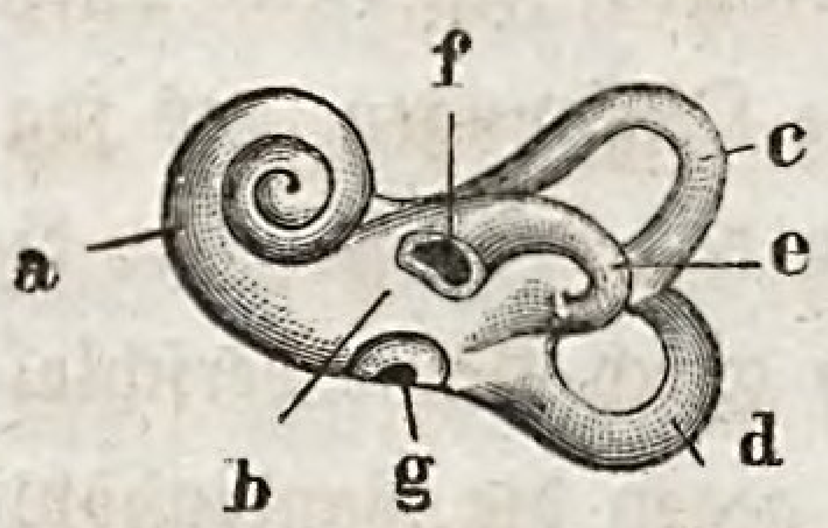


*) Senkrechter Schnitt durch das menschliche Gehörorgan. a a äußeres Ohr. b Beginn des äußeren Gehörganges. c d Eustachi'sche Röhre, die in die dunkel schattirte Paukenhöhle führt. Die schwarzen Punkte in derselben bezeichnen die Lage des ovalen und runden Fensters. e Schnecke. f die drei bogenförmigen Canäle. g Der Gehörnerv.

**) Die Paukenhöhle mit den Gehörknöchelchen in ihrer natürlichen Lage (von innen nach außen gesehen) und deren Muskeln. a Steigbügel. b Ambos. c Hammer, dessen einer Fortsatz an dem Trommelfell befestigt ist. d Muskel des Hammers. e Muskel des Steigbügels.

sind, und zwar ist der Hammer dem Trommelfell, der Steigbügel der Haut des ovalen Fensters verbunden. Außerdem steht aber diese Höhle durch einen längeren Canal, die sog. Eustachi'sche Röhre, mit dem Schlundkopf in offener Verbindung, so daß sie von hier aus mit Luft erfüllt wird. Der dritte Abschnitt endlich, das Labyrinth (Fig. 153), bildet eine knöcherne Höhlung, von welcher aus sich einmal drei bogenförmige Canäle, und andrerseits ein schneckenförmig gewundener Canal erhebt, der durch eine theils knöcherne, theils häutige Scheidewand in zwei, an der obern Spitze jedoch in einander übergehende, Canäle abgetheilt ist. Die eigentliche Höhlung dieses Abschnittes nennt man das Vestibulum oder den Vorhof, und den drei bogenförmigen Canälen gegenüber den schneckenartig gewundenen: die Schnecke. Vestibulum und bogenförmige Canäle, welche letztere da, wo sie vom Vestibulum abtreten, flaschenförmig erweitert sind, sind nun aber mit einer wässrigen, klaren Flüssigkeit erfüllt, und in diesem Wasser schwimmen häutige, der knöchernen Umgebung conforme Säckchen, von denen aus sich in die bogenförmigen Canäle auch bogenförmige häutige Canäle fortsetzen, und diese Säckchen sind es eben, an denen sich die Endigungen des Hörnerven verbreiten, während dieselben in der Schnecke an der die Trennung des Canals in einen doppelten bedingenden, zum Theil häutigen Scheidewand, vielleicht auch frei in das die Schnecke erfüllende Wasser ausstrahlen. Das oben erwähnte ovale Fenster vermittelt dabei die Communication zwischen Vestibulum und Paukenhöhle, das runde verschlossene Fenster dagegen gränzt den zu oberst gelegenen der beiden Schneckenkanäle gegen die Paukenhöhle hin ab, so daß man von der letztern aus, wenn man die Haut des runden Fensters durchbräche, in jenen obern Schneckenkanal gelangen würde. Treffen nun Schallwellen durch den äußern Gehörgang auf das Trommelfell, so werden sie durch die in

Fig. 153.*)



*) Das Labyrinth des menschlichen Ohres. a Schnecke. b Vorhof. c Oberer Bogengang. d Hinterer Bogengang. e Aeußerer Bogengang. f Ovales Fenster. g Rundes Fenster.

dem Luftraume der Paukenhöhle ausgespannte Kette der Gehörknöchelchen fortgeleitet, pflanzen sich durch die Haut des ovalen Fensters auf das Labyrinthwasser fort und in dem Labyrinth, den bogenförmigen Canälen und der Schnecke kommt der Schall, durch das Labyrinthwasser in eine Wasserwelle umgesetzt, zu den Endigungen der Nervenfasern des Hörnerven, die an den Säckchen des Labyrinthes und den bogenförmigen Canälen aus fein verästelten Fasern zu bestehen scheinen, in der Schnecke jedoch mit jenen eigenthümlichen von Corti und Kölliker entdeckten Endapparaten in Verbindung stehen, von denen wir annehmen müssen, daß sie auch die leichtesten Schallwellen zu einem Nervenreiz umsetzen und die Nervenfaser selbst zur Perception derselben befähigen. Es ist dabei zu bemerken, daß die Gehörknöchelchen mit sehr kleinen Muskeln, die in der knöchernen Wand des innern Gehörorgans selbst ihren Ursprung nehmen, in Verbindung stehen, daß durch die Zusammenziehung derselben einmal das Trommelfell stärker gespannt, andrerseits der Steigbügel fester gegen das ovale Fenster gedrückt werden kann, und dadurch wahrscheinlich einmal eine Verminderung der Schwingungen dort des Trommelfells, hier der Haut des ovalen Fensters bedingt, eine zu starke Schallleitung vermieden, andrerseits die Resonanz beim Hören von Tönen verschiedener Höhe regulirt wird (J. Müller). Es sind diese Muskelfasern für das Ohr in der That dasselbe, was die der Iris für das Auge; sie sorgen für die Abhaltung zu starker Eindrücke auf die Nervenfasern. — Es ist ferner zu bemerken, daß sich an der Stelle der Nervenausbreitung in den Säckchen des Vorhofes ein mit bloßem Auge sichtbarer, weißer Fleck befindet, der sog. Gehörsand oder die Gehörsteinchen, welche aus unzähligen, kleinsten, doppelt zugespitzten, aus kohlensaurem Kalk (Kreide) bestehenden Körperchen bestehen. Wie über die physiologische Bedeutung vieler Einrichtungen des Gehörapparates, so ist man aber auch über die Bedeutung dieser Gehörsteine noch ganz im Dunkel, wiewohl sie doch sicher eine ganz bestimmte Beziehung zu der Wahrnehmung des Schalls oder Tons, zu der Erregung der Nervenendigungen haben. Die Bedeutung des runden, durch eine Haut verschlossenen Fensters reducirt sich nach unserer obigen Darstellung der Schallleitung wahrscheinlich darauf, dem von dem Druck des Steigbügels auf die Haut des ovalen

Fensters zurückgetriebenen Labyrinthwasser ein geringes Ausweichen durch die Schnecke hindurch zu gestatten, so daß also bei jedem solchen Drucke die Haut des runden Fensters gegen die Paukenhöhle zu vorgetrieben wird, sie selbst aber das Austreten des Wassers aus dem Labyrinth selbstverständlich hindert.

Die Nervenendigungen in der Schnecke betreffend, so hat Kölliker in seiner trefflichen Gratulationsschrift zu H. Tiedemann's Jubiläum (Würzburg 1854) dieselben so dargestellt, daß eine Nerven-

[Fig. 117 aus Vortrag 10.]



faser des Gehörnerven zunächst, ganz ähnlich wie im Auge die Sehnervenfaser, in eine bipolare Ganglienzelle ausläuft, von dieser aus aber ein Faden entspringt, der einmal ein freies Endstäbchen besitzt, andrerseits mit endständigen unipolaren Zellen verbunden ist, Gebilde, die also hier das Analogon der Stäbchen und Zapfen oder Körner an den Endapparaten des Sehnerven bilden würden. Solcher Apparate befinden sich in der kleinen Schnecke des Menschen nach Kölliker's Angabe circa 5000, und mit Recht wohl wird von demselben Forscher die Vermuthung aufgestellt, daß sie eben „die Schnecke zu dem am feinsten organisirten Theile des Labyrinthes machen, dem wahrscheinlich das scharfe Unterscheidungsvermögen für die Höhe, den Klang und die Stärke der Töne, dann die Fähigkeit leise Töne zu hören und mehre Töne auf einmal zu percipiren, zugeschrieben werden darf." —

Ganz ähnlich, wie beim Menschen, verhält sich nun das Gehörorgan der Säugethiere. Nur bei den im Wasser lebenden oder den in der Erde wühlenden (Walfischen, Maulwürfen) ist das äußere Ohr sowohl, wie der äußere Gehörgang verkümmert, da ihnen der Schall meistens durch feste Medien oder Wasser zugeleitet wird und Erschütterungen des Körpers erzeugt, die von dem Gehörnerven als Schall percipirt werden. Bei den Vögeln findet sich statt dreier Gehörknöchelchen nur eins, das sog. Säulchen (columella), welches das

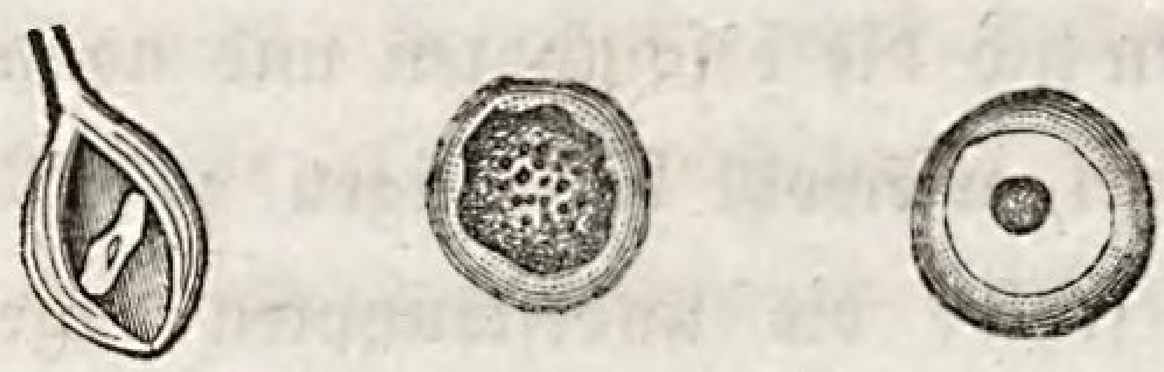
ovale Fenster mit dem Trommelfell verbindet, und in gleicher Weise ist der Bau der Schnecke vereinfacht, so daß dieselbe nur eine kugelförmige, durch eine Haut aber auch hier wieder in zwei Abtheilungen geschiedene Höhle bildet. Unter den Amphibien nähern sich die beschuppten und namentlich die Krokodile dem Typus der Vögel, wiewohl bei einigen, z. B. den Schlangen die Trommelhöhle schon fehlt; die unbeschuppten dagegen bieten einen viel einfacheren Bau des Gehörorgans dar. Es ermangeln diese sämmtlich der Schnecke, viele besitzen auch gar keine Paukenhöhle, so daß die Haut des ovalen Fensters unmittelbar von Muskeln und Haut überzogen wird. Aehnlich, wie hier, verhält es sich bei den Fischen. Schallzuleitende Apparate fehlen ihnen gänzlich, eben so die Schnecke; es bleibt also nur noch ein Vestibulum mit Gehörsteinchen und bogenförmigen Canälen, deren Zahl meistens drei, bei einigen aber auch bis auf einen reducirt ist, übrig. Diese Höhlungen liegen entweder in den Schädelknochen eingebettet, oder ihre häutigen Auskleidungen ragen auch aus Oeffnungen derselben hervor, so daß sie dann nur von Muskeln und Haut überzogen sind. Sehr merkwürdig ist die bei einigen Knochenfischen vorkommende Verbindung des Gehörorganes mit der unter dem Rückgrat liegenden sog. Schwimmblase, die mit dem Vestibulum entweder fast unmittelbar oder durch eine Kette von Knöchelchen zusammenhängt. Der Zweck dieser Verbindung ist bis dahin nicht bekannt. Im Uebrigen ist es aus dem Bau der Gehörorgane der Fische sowohl, als nackten Amphibien leicht verständlich, daß die Gehörperception nur Folge einer Erschütterung des Körpers ist, die ihrerseits wieder durch Erschütterung der umgebenden Medien, also namentlich des Wassers, veranlaßt wird.

Ueber das Vorkommen eines besondern Gehörapparates bei den wirbellosen Thieren ist noch nicht überall entschieden. Man hat ihn unter den Insekten bis dahin nur bei den Geradflüglern (Orthopteren) und unter den Krustenthieren bei den Krebsen gefunden; in der Classe der Weichthiere ist er dagegen sehr verbreitet und vorzugsweise bei den Kopffüßlern ausgebildet; unter den Strahlthieren fehlt er, wie es scheint, bei den Stachelhäutern ist er aber bei den Quallen wieder nachgewiesen. Ueberall nun aber, wo hier ein besonderer Gehörapparat existirt, besteht derselbe nur aus einem häutigen mit Wasser und

Gehörsteinchen erfüllten Sack (Fig. 154), an dem sich dann der Gehörnerv verbreitet. Höchst auffallend ist dabei oft die Lage desselben. So liegt er z. B. bei den Heuschrecken in den Schienen des ersten Fußpaares, und ist hier der Art gestaltet, daß sich auf jeder Seite der Schiene eine längliche Spalte findet, hinter dieser je ein Trommelfell liegt und dieses mit dem Gehörsäckchen in Verbindung steht. So liegt er ferner bei den meisten Schnecken unterhalb des Schlundes, bei den Muschelthieren im Fuße, bei den Rippenquallen am hintern Ende des Körpers, bei den Scheibenquallen in größerer Anzahl in der Peripherie der Körperscheibe. Es hängt diese Lage wohl hauptsächlich mit dem verschiedenen Ursprunge der Nerven zusammen; andrerseits macht sich aber auch hier das von Milne-Edwards so treffend entwickelte Princip der Sparsamkeit in den angewandten Mitteln bei Gestaltung des Thierreichs geltend. So lange bei den einzelnen Thierformen ein bereits vorhandenes Organ gleichzeitig einer andern, als der ihm vorzugsweise vorgeschriebenen Function dienen kann, oder Raum zur Anlage eines anderen Apparates darbietet, wird es benutzt, und erst dann wird zur Anlage neuer Körpertheile geschritten, wenn die bei den niedern Thieren bereits vorhandenen den nothwendigen Leistungen der höhern nicht mehr zu entsprechen vermögen. — Wiewohl nun aber bei einer großen Anzahl wirbelloser Thiere ein Gehörorgan bis dahin noch nicht aufgefunden ist, so darf man ihnen das Vermögen der Schallperception doch nicht absolut absprechen. Vielleicht, daß hier oder dort das fragliche Organ noch entdeckt wird, möglich aber auch, daß bei manchen Thieren ein besonderer Apparat zur Aufnahme der Schallwellen gänzlich fehlt, und doch ein einfach irgendwo an der Haut

Fig. 154.*)

1 2 3



*) Gehörorgane der Weichthiere. 1 Aufgeschlitztes, dem Gehörnerven anhängendes Gehörsäckchen eines Tintenfisches, ein Gehörsteinchen enthaltend. 2 Gehörkapsel mit zahlreichen Gehörsteinchen einer Wasserschnecke. 3 Gehörkapsel mit einem Gehörsteinchen eines Muschelthieres (Cyclas). (1 Nach Wagner's Icon. zoot. Taf. XXIX. 2 u. 3 nach Bergmann und Leuckart a. a. O. S. 463.)

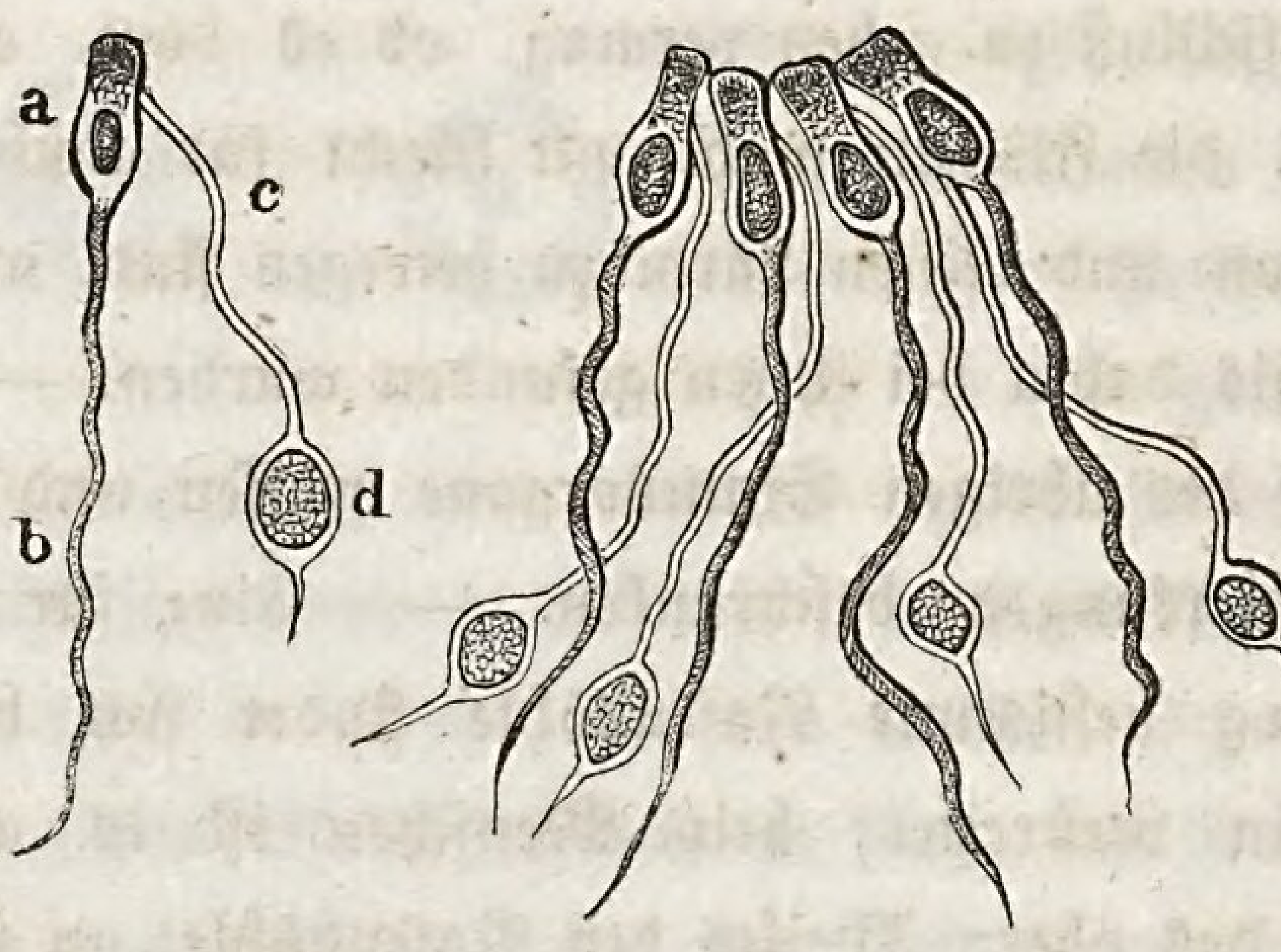
verzweigter Nerv die Schallperception vermittelt. Die Entscheidung darüber ist schwierig, wenn auch hie und da die Beobachtung über das Verhalten des Thieres bei heftigen Geräuschen oder lauten Tönen in seiner Nähe Aufschluß zu geben vermag, ob es hört, oder nicht; wie man denn z. B. die Fliegen wohl mit Recht für taub hält, weil sie durch keinen Ton und keinen Lärm zu bewegen sind, und Gehörorgane eben so wenig bis dahin bei ihnen gefunden wurden. —

In Betreff der übrigen Sinnesorgane müssen und können wir uns auf wenige Bemerkungen beschränken. — Eine für die Geruchswahrnehmung bestimmte Nasenhöhle findet sich bei den Wirbelthieren allgemein verbreitet; beim Menschen ist es aber nur ein bestimmter Bezirk des obern Theiles der Nasenhöhle, an welchem Gerüche zur Wahrnehmung gelangen, und, auffallend genug, während die übrige die Athmungsorgane auskleidende Schleimhaut mit ständig hin und her schwingenden Wimpern, sog. Flimmerzellen, bekleidet ist, finden sich eben in jenem Bezirk nur festzusammengelagerte cylindrische und rundliche Zellen als oberste Hautlage vor, Zellen, die durch Berührung mit Wasser sehr leicht zerstört werden, durch Berührung oder Aufnahme der ihrer Qualität nach noch so gänzlich unbekannten Riechstoffe aber die Geruchsempfindung vermitteln. Es drängt sich bei Kenntniß dieser Einrichtung unwillkürlich der Gedanke auf, ob dieselbe nicht eben eine ganz besondere Beziehung zu der Geruchswahrnehmung, ob nicht diese sog. Epithelialzellen selbst eine besondere Bedeutung für dieselbe besitzen. Allein man sah sich bisher immer vergebens nach einem directen Zusammenhange derselben mit den Endigungen der Fasern des Riechnerven um, bis endlich Eckhard durch seine Untersuchungen an Fröschen einen solchen in ganz jüngster Zeit dennoch äußerst wahrscheinlich gemacht hat.*) Eckhard fand nämlich, daß sich die Epithelialzellen nach innen in einen Faden fortsetzen und entdeckte außerdem eigenthümliche Fäden oder Fasern, die sich den Epithelialzellen dicht anlegen (Fig. 155 a. f. S.), zwischen den erstgenannten Faden nach innen verlaufen, mit „Kernen“ (Ganglienzellen??) in Verbindung treten und

*) Vgl. Eckhard: Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Gießen 1855.

als Fäden weiter fortlaufen. Noch ist die weitere und unmittelbare

Fig. 155.*)



Fortsetzung dieser Fäden in die Endfasern des Geruchsnerven nicht aufgefunden, aber es scheint sehr wahrscheinlich, daß sie existirt, und wir hätten dann also auch im Geruchsorgane von ähnlichen Endapparaten der Nervenfasern zu sprechen, wie im Seh- und Gehörorgane. Die Epithelialzellen der Nasenschleimhaut selbst wären den Zapfen der Netzhaut, die freien, sich ihnen anschmiegenden Fäden den Stäbchen derselben zu vergleichen, und der Umsatz der Gerüche zu einem Nervenreiz wäre in eben der Weise ihre Function, wie der Umsatz der Licht- und Schallwellen zu einem solchen die Function der bezeichneten Endapparate des Seh- und Hörnerven. Wie aber dieser Umsatz selbst zu Stande kommt, ist uns hier vorläufig eben so unklar, als dort. Nur von der unendlichen Feinheit der Perception auch des Geruchsnerven bekommen wir einen Begriff, wenn wir durch Valentin's Berechnung erfahren, daß $^1/_{2000000}$ Milligramm eines Weingeistextractes von Moschus, dem Geruchsorgane dargeboten, noch die Wahrnehmung des

*) Eckhard's vermuthliche Endigungen der Riechnervenfasern. a Eine mit einem Kern versehene, frei zu Tage liegende Epithelialzelle der Riechschleimhaut der Nase mit ihrem fadenförmigen Fortsatz b. — c Ein der Epithelialzelle angelagerter Faden, der nach innen zu einen „Kern" d enthält .2 Mehre derartige Apparate in ihrer Zusammenlagerung, nach innen aber auseinander gezerrt. (Nach Eckhard a. a O. Taf. V. Fig. 4.)

bekannten Moschusgeruches veranlaßt. — Unter den wirbellosen Thieren hat man bis dahin nur bei einigen Organe aufgefunden, die die Bedeutung eines Geruchsorganes besitzen; doch ist damit keineswegs über die Verbreitung des Geruchssinnes unter ihnen schon entschieden. Es gilt hier dasselbe, was oben vom Gehörorgane bemerkt wurde; auch andre Nerven, als die besondern Geruchsapparaten angehörigen, können möglicherweise der Geruchswahrnehmung dienen. — Mit Bestimmtheit sind Geruchsorgane zuerst unter den Weichthieren, und zwar bei den Kopffüßlern aufgefunden. Sie liegen hier in der Gegend der Augen in Gestalt zweier mit einem Wärzchen versehener Grübchen, und die Wärzchen sind es, an denen sich der Riechnerv verbreitet. Mit großer Wahrscheinlichkeit sind sie ferner bei einigen Insekten und Krebsen entdeckt, wobei uns dann wieder ihre abnorme Lage auffällt. Bei den ersteren findet sich nämlich in den Antennen oder Fühlhörnern eine große Anzahl von Grübchen mit warzenförmigen Erhebungen im Grunde, die man nicht ohne Grund für Geruchsorgane hält, und bei den Krebsen besitzen die sog. Basalglieder des ersten Fühlerpaares eine von einer feinen nervenreichen Haut ausgekleidete Höhlung, die durch eine Oeffnung mit der Außenwelt in Communication steht und ebenfalls sehr wahrscheinlich die Geruchsempfindungen vermittelt.

Noch weniger, als über die Verbreitung des Geruchssinnes, der passend als „der Wächter der Respiration" bezeichnet wird, läßt sich über die des „Wächters der Verdauung," des Geschmackssinnes, in der Thierreihe sagen. Zwar sind auch die Infusionsthierchen schon wählerisch in der Auswahl ihrer Nahrungsmittel, allein eben so wenig, wie man den Pflanzen wegen ihrer verschiedenartigen Auswahl oder Anziehung von Nahrungsmitteln einen Geschmackssinn beizulegen geneigt sein wird, kann man von einem solchen bei den Infusionsthieren sprechen. Was man ferner bei den Schnecken, bei einigen Würmern und Gliederthieren als Zunge bezeichnet, ist wohl weniger Geschmacksorgan, als Hülfsmittel für die Zerkleinerung der Speisen, wofür die rauhe, härtliche, oft mit Zähnchen oder Stacheln versehene Oberfläche derselben spricht. — Nur wieder bei den Kopffüßlern findet sich ein fleischiges, im Unterkiefer gelegenes Organ, das wohl die Bezeichnung eines Geschmacksorganes verdient. Auch über das Vorhandensein der

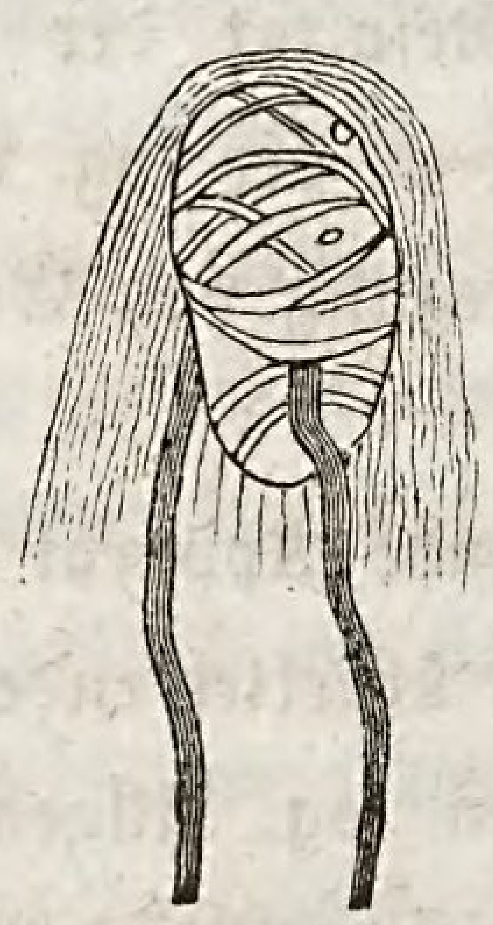
Geschmackswahrnehmung bei den Wirbelthieren ist schwierig zu entscheiden, — wiewohl dieselben fast allgemein mit dem die Geschmacksempfindung vornämlich vermittelnden Zungenschlundkopfnerv versehen sind. Doch es ist in letzterer Beziehung zu erwägen, daß dieser Nerv zugleich auch andern Verrichtungen vorsteht, und hier oder dort möglicherweise nur diesen, nicht aber auch der Geschmackswahrnehmung dienen könnte. Bei den Fischen muß die Geschmackswahrnehmung auf die Gaumenfläche beschränkt sein, da ihnen die Zunge fehlt. Ebenso entbehren manche Amphibien (z. B. die zungenlosen Frösche) der letztern, während sie bei andern, wie bei Schlangen, vorzugsweise als Tastorgan verwandt zu werden scheint. Die meistens mit einem hornartigen Ueberzuge versehene Zunge der Vögel wird ebenfalls wohl kaum als Geschmacksorgan zu bezeichnen sein, nur da, wo sie fleischig ist, wie z. B. bei den Papageien, kann sie als solches betrachtet werden. Die Zunge der Säugethiere endlich ist sehr verschieden gestaltet; wahrscheinlich ist sie aber überall, wie bei dem Menschen das hauptsächliche, wenn nicht einzige Geschmacksorgan. Es ist insonderheit, und, der Angabe mancher Experimentatoren zufolge, ausschließlich der hintere Theil des Zungenrückens, welcher die Geschmacksempfindung vermittelt. Der Geschmacksnerv verbreitet sich hier in einer großen Anzahl von Wärzchen, den mit einem Wall umgebenen sog. Schleimhautpapillen, die mit mehren Lagen plattgedrückter Zellen, sog. Pflasterepithelium überzogen sind. Soll nun ein Stoff geschmeckt werden, so ist es erforderlich, daß diese Zellenlagen damit durchtränkt werden und der fragliche Stoff in dieser Weise zu den Nervenendigungen gelangt, sei es nun, daß er in gelöster Form genossen, oder durch den Speichel erst in Lösung versetzt wird. Auch hier ist man über die Endigungen der Nerven noch nicht im Klaren, wiewohl Remak und Kölliker fanden, daß sich einzelne Fasern in der Umgebung der Wärzchen mit Ganglienzellen verbinden. Möglich, daß binnen Kurzem ähnliche Verhältnisse, wie bei den bisher betrachteten Sinnesnerven entdeckt werden; bis dahin müssen wir uns aber weiterer Vermuthungen enthalten. Und was ist es überhaupt, was wir schmecken? Was verleiht den Stoffen den verschiedenen Geschmack? In der That, wir wissen eben so wenig über die Geruch und Geschmack veranlassenden Agentien, als über die Art und

Weise, wie dieselben die Nervenfasern in denjenigen Erregungszustand versetzen, durch welchen Geruch und Geschmack zum Bewußtsein gelangen. Wir wissen, daß das Rosenöl einen lieblichen Duft verbreitet, daß der Zucker süß, das ganz ähnlich zusammengesetzte Stärkmehl nicht süß, das Chinin bitter schmeckt, was ihnen aber diese Qualität verleiht, was das Riechbare oder Schmeckbare ist, wissen wir nicht. Es bedarf übrigens noch der Bemerkung, daß viele unserer sog. Geschmacksempfindungen nicht rein als solche zu betrachten sind, diese Empfindungen vielmehr aus einer gleichzeitigen Erregung der Geruchs-, Geschmacks- und der sehr fein percipirenden Gefühlsnerven der Zunge hervorgehen. So ist der sog. zusammenziehende Geschmack ein Resultat der gleichzeitigen Erregung von Geschmacks- und Gefühlsnerven, der sog. aromatische eine Empfindung, die durch gleichzeitige Erregung von Geruchs- und Geschmacksnerven herbeigeführt wird.

Der die Gefühlsempfindungen vermittelnde Apparat endlich ist die äußere, oder gewisse Höhlungen des Körpers überkleidende Haut. Wir sehen hier ab von jenen schon oben erwähnten sog. Allgemeingefühlen, als Durst, Hunger, Mattigkeit, über größere Abschnitte des Körpers verbreiteten Schmerz, und eben so von jenem sog. „Muskelgefühl," welches uns einmal in schon früher erwähnter Weise (s. S. 106) von der Leistungsfähigkeit des Muskels, von seiner „Kraft" oder „Müdigkeit," andrerseits, und wahrscheinlich in Folge des auf eine größere Anzahl von Nervenfasern ausgeübten Druckes, von dem Grade seiner Anstrengung, wie z. B. beim Heben schwerer Gewichte, Rechenschaft giebt. Was wir ins Auge zu fassen haben, sind nur die unter dem allgemeinen Ausdruck der „Tastempfindungen" zusammengefaßten, auf die äußere Haut und die innere Fläche der Mundhöhle beschränkten Gefühle, die wir passend in die beiden Kategorien der „Druck- und Temperaturempfindungen" zerlegen. Beide diese Empfindungen kommen dadurch zu Stande, daß ein auf die äußersten Zellenlagen der Oberhaut (Epidermis) ausgeübter Druck sich durch diese hindurch bis zu den Nervenendigungen hin fortsetzt, oder eine beliebige Temperatur derartige Veränderungen in den einzelnen Zellenlagen der Epidermis und vielleicht in den Nervenendigungen selbst hervorruft, daß dadurch ein entsprechendes Kälte- oder Wärmegefühl

entsteht. Zu diesem Zwecke ist die von den verschiedenen Zellenlagen der Oberhaut bedeckte eigentliche Haut (Lederhaut, Cutis), über deren Structur wir in einem spätern Vortrage noch ein Näheres hören werden, mit einer unendlichen Anzahl kleiner Wärzchen (Papillen), — an den Fingerspitzen nach Meißner's Angabe gegen 400 auf einer Quadratlinie —, versehen, und in diesen Wärzchen endigen nun die Nervenfasern entweder frei als zarte, marklose Röhren, oder verbunden mit jenen schon oben (S. 64) erwähnten, von Meißner entdeckten „Tastkörperchen," die nach Meißner's, Wagner's und Funke's Deutung als mit einem Fluidum erfüllte Bläschen zu betrachten sind, an deren Wandung sich die Nervenfasern vielfach verzweigen. Es finden sich diese Körperchen insonderheit an den sehr fein empfindenden Stellen der Oberfläche des Körpers, an den Fingerspitzen, der Zungenspitze, den Lippen u. s. w., und es will scheinen, daß sie, an den Fingerspitzen wenigstens, eben deshalb in so reichlicher Zahl vorhanden sind, damit die durch die größere Dicke der Oberhaut bedingte Behinderung der Einwirkung dieser oder jener Eindrücke durch Erhöhung der Erregungsfähigkeit der Nervenenden ausgeglichen werde. Auf das Zustandekommen der einzelnen Tastempfindungen, auf den Grad der Feinheit des Wahrnehmungsvermögens verschiedener Temperaturen, verschiedenen Druckes u. s. w., auf die aus einer Combination von Druck-, Temperatur- und Muskelgefühl hervorgehenden, für unser Urtheil über die Beschaffenheit eines Objectes so wesentlichen Empfindungen können wir hier nicht näher eingehen. Was wir heutigen Tages darüber wissen, verdanken wir größtentheils den mannigfachen und lehrreichen Experimenten E. H. Weber's, auf dessen treffliche Arbeiten wir Jeden, dem es um eine genauere Kenntniß des Gegenstandes zu thun ist, verweisen.*)

[Fig. 118 a. Vortr. 10.]



*) Vgl. E. H. Weber's Artikel: Tastsinn u. Gemeingefühl in R. Wagner's Handwörterb. d. Physiol. Bd. III.

Wenden wir uns dagegen noch in Kürze der Frage nach der Verbreitung des Tastsinnes und dem Bau der ihm dienenden Apparate in der Thierreihe zu.

Nirgends findet sich in dieser der große Vorzug wieder, den der Mensch vermöge seiner, mit den feinsten Tastapparaten versehenen Hände besitzt. Mehr und mehr wird der Tastsinn auf bestimmte andere Localitäten der Körperoberfläche verlegt und beschränkt, und nur selten sehen wir besondere, ihm dienende Apparate auftreten.

Bei den Säugethieren ist in der Regel die Haut der Lippen oder der Zunge oder der oft rüsselförmig verlängerten Nase (Elephant, Schwein, Maulwurf u. s. w.) Vermittler des Tastgefühls. Es kommen dabei oft die Spürhaare oder Bartborsten zu Hülfe, wenn sie, wie bei den Robben, in nervenreichen Scheiden stecken. Bei den Vögeln und insonderheit den Wasservögeln, ist es die Schnabelspitze, die wir mit einer weichen, empfindlichen, also nervenreichen Haut überzogen finden. Auch bei den Amphibien dienen die vordern Mundtheile als Tastorgan, während bei manchen, wie bei den Schlangen, vorzugsweise die Zunge als solches benutzt wird. Bei den Fischen endlich liegt der Tastsinn wohl nur in den weichen Lippen, an denen sich oft bewegliche faden- oder wurmförmige Organe befinden, die ohne Frage eine nähere Beziehung zum Tasten haben. Anders bei den wirbellosen Thieren. Bei ihnen hat das Tastgefühl an den verschiedensten Theilen des Körpers, meistens aber an gewissen dem Körper anhängenden Apparaten seinen Sitz und ist vielfach, wie z. B. bei den Spinnen, ohne Frage von ausnehmender Feinheit. Bei den mit einer festen Hautdecke bekleideten Insekten und Krebsen bilden die sog. Fühlhörner, die Antennen und die fein percipirenden Palpen, den Tastapparat (Fig. 156 a. f. S.). Jene dienen mehr der Wahrnehmung in der Nähe befindlicher Gegenstände überhaupt, diese der feinern Untersuchung; ihr letztes Glied ist zu dem Ende mit mikroscopischen Zäpfchen oder Borsten oder Warzen besetzt. Bei andern Insekten ist der denselben eigenthümliche Rüssel mit feinen, zur Tastwahrnehmung geeigneten Wärzchen versehen. Bei noch andern, wie bei den Spinnen, dienen die letzten Glieder der Extremitäten als Greif- und Fühlapparate. Bei einigen Krebsen trifft

ebenfalls das letztere Verhältniß zu, während andern zur Vermittlung

Fig. 156.*)



der Tastempfindungen die Beikiefer zu Hülfe kommen. Die Würmer tasten entweder mit besondern Kopfanhängen, wirklichen Fühlern, oder wie der Regenwurm, Blutegel u. s. w. mit dem vorderen Kopfende (Lippen), oder auch mit einem Rüsselchen, dem ausstülpbaren, vorderen Theile des Verdauungsapparates, während manche sicher auch gänzlich besonderer Tastapparate entbehren und mehr oder weniger mittelst der ganzen Körperoberfläche diese oder jene Eindrücke wahrnehmen. Unter den Weichthieren besitzen die Kopffüßler in ihren Armen Tastorgane, die Schnecken in ihren Fühlern und Lippen, die kopflosen in den mit Tentakelanhängen versehenen Mantelrändern und dem Fuße. Unter den Strahlthieren endlich suchen wir dieselben bei den Stachelhäutern in den Saugfüßchen, den den Mund umgebenden Tentakeln und den Stacheln, die vielleicht nach Art der Spürhaare Tastempfindungen vermitteln; bei den Quallen in den Fang- oder Greiforganen und Tentakeln, die als längere oder kürzere fadenförmige Gebilde dem vorderen Körpertheile anhängen; und ähnlich, wie bei diesen, verhält es sich bei den Polypen. Ob aber den Infusorien vermöge ihrer Wimpern, Borsten oder Häckchen ein wirklicher Tastapparat eigenthümlich ist, ist mehr als fraglich; will man in jenen Körperanhängen einen solchen sehen, so würden auch hier die Tastapparate mit den Bewegungs-

*) Verschiedene Formen von Antennen. (Nach Bergmann und Leuckart a. a. O. S. 447.)

organen zusammenfallen, denn als solche sind jene ohne Frage zu betrachten.

So weit die Apparate, welche wir oben als die Vermittlungsglieder zwischen den peripherischen Endigungen der sensibeln Nervenröhren und der Außenwelt bezeichneten, welche für die Aufnahme irgend welcher Eindrücke bestimmt sind und für eine Erregung der Nervenfasern selbst Sorge tragen. Nicht ohne Freude und gerechte Bewunderung blicken wir auf die bedeutenden Fortschritte hin, welche mit Hülfe des Mikroscopes in der neuesten Zeit auf diesem Gebiete der Forschung herbeigeführt sind. Wie Manches fehlt aber dennoch auch hier an einer genügenden Erklärung der Erscheinungen! Wie wenig vermögen wir noch die Leistung jener eigenthümlichen, jüngst entdeckten Endapparate der Nervenfasern zu deuten, die in Auge, Ohr und Haut dazu bestimmt sind, das Licht, den Schall oder den leisesten Tasteindruck in einen Nervenreiz umzuwandeln! Wie so ganz im Dunkel sind wir noch über die Geschmacks- und Geruchswahrnehmung vermittelnden Vorgänge! Doch lassen wir die Hoffnung auf eine tiefere Erkenntniß deshalb nicht sinken. Ob auch selbst jeder Fortschritt für's Erste nur wieder neue Aufgaben stellt, ein Fortschritt schließt sich dennoch dem andern an, und, auf gutem Grunde fortbauend, dürfen wir in sicherer Erwartung weiterer Gewinnste der vollendeteren Gestaltung der Lehre vom thierischen Leben entgegensehen.

Wenden wir uns jetzt der zweiten Hauptfrage der gegenwärtigen Betrachtung zu.

Das Thier sieht, hört, fühlt u. s. w. Bewußt oder unbewußt führt es, veranlaßt durch äußere Eindrücke oder Willensacte, körperliche Bewegungen aus. Wir wissen bereits, daß eine Erregung der motorischen Nerven das erste Moment des Bewegungsactes bei den mit Nerven versehenen Thieren ist. Auf welche Theile des Organismus aber wirkt jener Erregungszustand des Nerven ein? In welcher Weise kommen durch sie die körperlichen Bewegungen zu Stande?

Im höhern thierischen Organismus sowohl, als im niedern kommen Bewegungserscheinungen elementarer Formbestandtheile vor, welche

unabhängig vom Nervensystem, unabhängig ferner von jedem anderweitigen Apparate erfolgen. Es sind dies die sog. Flimmerbewegungen, Bewegungen fadenförmiger oder länglich gestreckter Zellen, die bei höhern Thieren der Oberfläche der Schleimhaut der Lungen, der Nase u. s. w., bei niedersten Thierformen, insonderheit vielen Infusorien, der äußern Oberfläche des Organismus aufsitzen, und durch ein ständiges Hin- und Herschwingen dort insonderheit der Fortbewegung des Schleimes u. s. w., hier der Fortbewegung des Körpers selbst dienen. Von diesen Bewegungen sehen wir hier ab. Die sämmtlichen übrigen Bewegungen thierischer Organismen werden aber nur vermittelst eigenthümlicher zusammenziehungsfähiger Gebilde ausgeführt, und dahin gehört bei niedern Thierformen die bereits früher (S. 10) bezeichnete, Sarcode genannte, Substanz, bei der bei Weitem größten Mehrzahl der Thiere dagegen das unter der Bezeichnung des Muskels bekannte Gewebe. Jene Sarcodesubstanz zieht sich scheinbar durchaus ohne Vermittlung eines Nervenapparates zusammen, jede Berührung, vielleicht auch Licht oder Wärme, wirken unmittelbar schon auf sie Bewegung veranlassend ein; dieses dagegen, das Muskelgewebe, contrahirt sich scheinbar nur auf jene Anregungen, die von dem Nervenstrome des Bewegungsnerven ausgehen. Zwischen den verschiedenen zu bewegenden Theilen des Organismus ausgespannt, sind es die elastischen, das eigentliche Fleisch des Thieres bildenden und bei verschiedenen Thieren verschieden gefärbten Muskeln, welche sich in Folge einer Erregung durch den Nervenstrom verkürzen, in Folge ihrer Elasticität wieder ausdehnen, und durch das wechselnde Spiel von Zusammenziehung und Ausdehnung die Bewegungserscheinungen des thierischen Organismus hervorrufen. Ständig befinden sich diese Muskeln im lebenden Organismus in einem gewissen Grade der Anspannung; der höhere oder niedere Grad derselben verleiht den Gesichtszügen hier den Ausdruck der Frische, der Kraft, dort den der Trägheit, der Mattigkeit. Sich verkürzend nähern sie aber diese oder jene Theile des Organismus einander, und, den festen Theilen, dem Skelett, verbunden, wirken sie auf die einzelnen Glieder desselben in jener kunstvollen, harmonischen Weise ein, die wir in den Bewegungen unseres eigenen Körpers mit Recht bewundern.

Wie aber sind die Muskeln gebaut? Welches ist ihre chemische Zusammensetzung? Welche physikalische Eigenschaften bieten sie dar?

Das Mikroscop lehrt uns zunächst, daß der Bau nicht aller Muskeln derselbe ist. Die einen bestehen aus einer Anzahl nebeneinandergelagerter und mehr oder weniger zu großen Bündeln vereinigter Fasern, an denen man mit Hülfe des Mikroscopes eine Längs- und Querstreifung wahrnimmt, die andern bestehen aus dicht zusammengelagerten, engverbundenen, spindelförmigen Zellen, sog. contractilen Faserzellen. Jene sind es vorzugsweise, die willkürlich bewegt werden können, und man nennt sie die quergestreiften oder animalischen Muskeln, diese ziehen sich fast ausschließlich ohne Dazwischenkunft des Willens, also unwillkürlich, zusammen, und sie werden die glatten oder die organischen Muskeln genannt. Die Trennung beider Muskelarten ist jedoch nicht überall scharf durchzuführen, und sind auf der andern Seite auch die Gränzen zwischen den organischen Muskeln und der contractionsfähigen Sarcodesubstanz keineswegs überall scharf ausgeprägt, so will es in der That immer wahrscheinlicher erscheinen, daß wir in der Sarcodesubstanz, in den glatten und in den quergestreiften Muskelfasern nur verschiedene Entwicklungsstufen ein und derselben Grundsubstanz vor uns haben, Stufen, zwischen denen keine scharfe Gränzen, wohl aber mannigfache Uebergänge aufzufinden sind. — Es ist diese Ansicht, wie dem Verf. scheint, nicht ohne einiges Interesse. Mit den bis dahin bekannten Thatsachen verträglich, läßt sie uns die gesammten Bewegungserscheinungen im Thier- und Pflanzenreich als wesentlich an ein bestimmtes, materielles Substrat von verschiedener Entwicklungsfähigkeit und formeller Ausbildung gebunden erkennen, und giebt, den verschiedenen Hypothesen oder Anschauungen älterer Zeit gegenüber, zukünftigen Darstellungen einen wesentlichen gemeinsamen Ausgangspunkt. Das wunderbare Factum, daß das Herz des sich entwickelnden Wirbelthieres, beim Hühnchen z. B., schon in den ersten Tagen der Entwicklung pulsirt, ohne daß noch Muskelfasern oder Nerven in der Herzsubstanz aufgefunden werden können, mag vielleicht von diesem Gesichtspunkte aus einer befriedigenden Erklärung theilhaftig werden. —

Ein jeder quergestreifter Muskel besteht also, wie erwähnt, aus einer Anzahl nebeneinandergelagerter und mehr oder weniger fest mit einander verbundener Fasern, den sog. „Muskelfasern“ oder „Muskelprimitivbündeln“ (Fig. 157 und 158). Eine jede

Fig. 157.*)

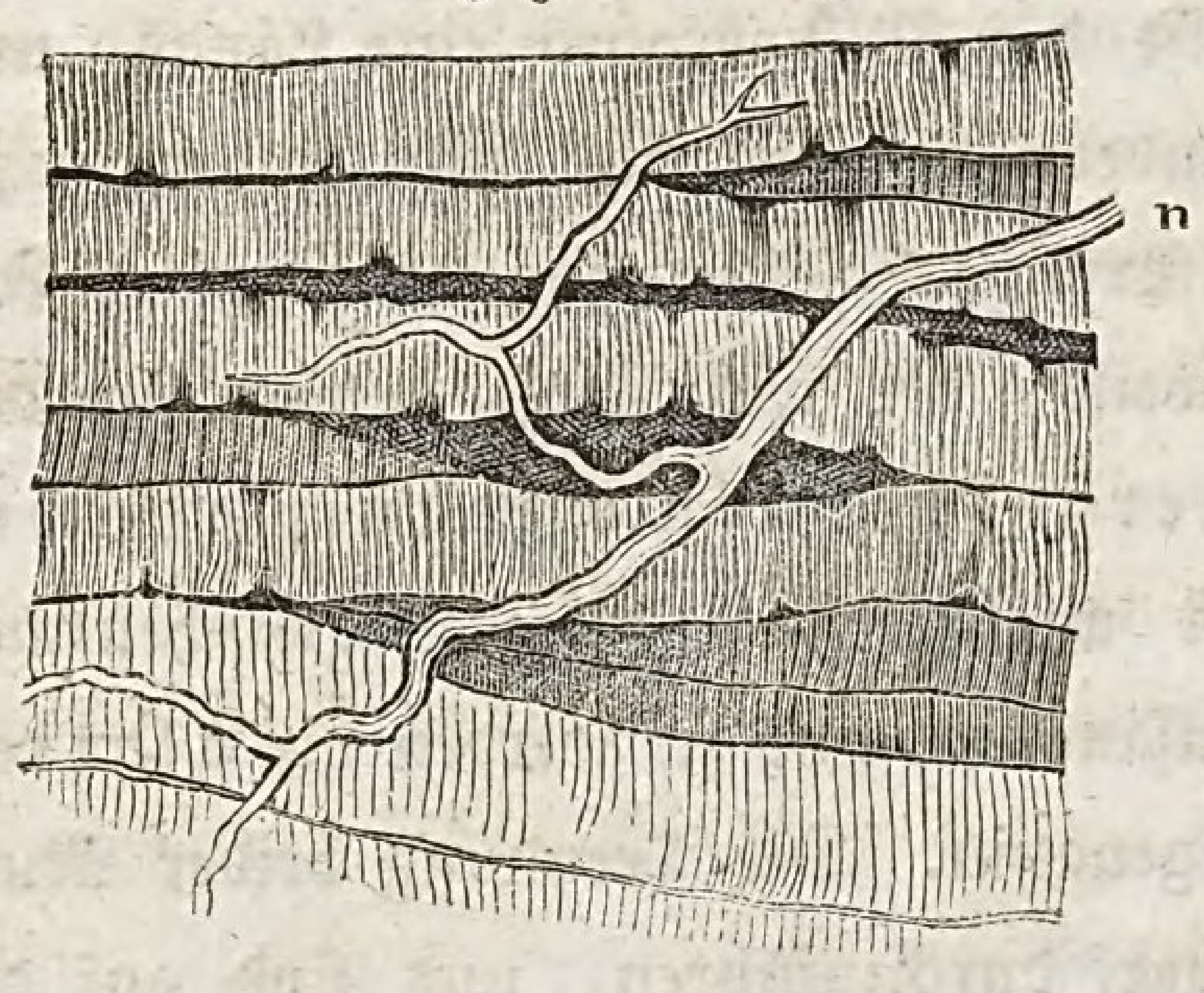
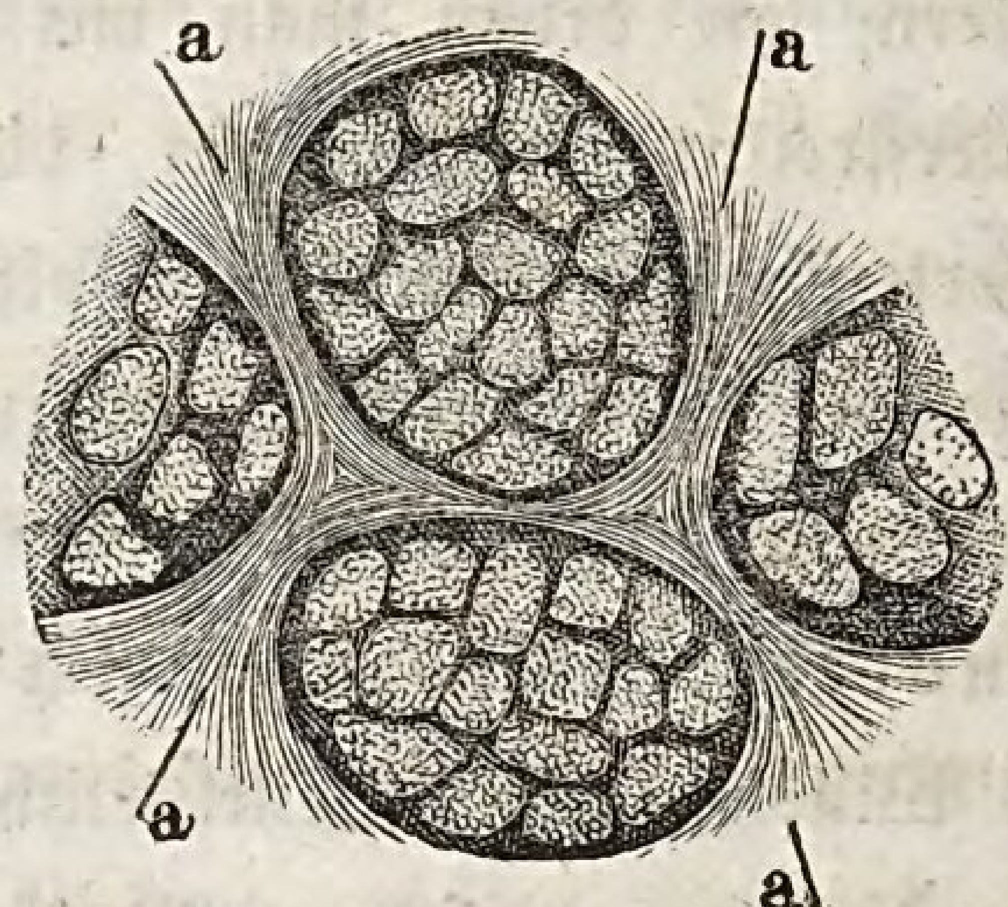


Fig. 158.**)



dieser Fasern, deren Durchmesser sich auf 0,005—0,03‴ beläuft, besteht aber wieder aus einer äußerst zarten, glatten, structurlosen Scheide und einem Inhalt, und dieser Inhalt wieder giebt sich unter dem Mikroscop als aus einer Anzahl Längsfäserchen, die bei gewisser Behandlung auch leicht der Quere nach, also in viereckige Plättchen zerfallen, bestehend zu erkennen. Es drängt sich hier jedoch dieselbe Frage auf, wie bei den Nervenfasern: ist das Verhalten dieses Scheideninhaltes während des Lebens des Muskels dasselbe, wie unter dem Mikroscop? Die Frage läßt sich bis dahin nicht genügend beantworten, und zweifelhaft bleibt es also bis dahin, ob der Inhalt der Muskelfaser im Leben ein zähflüssiger oder ein fester, organisirter Stoff ist. — An der Scheide dieser Muskelfasern selbst bemerkt man unter dem Mi-

---

*) Quergestreifte Muskelfasern, an denen sich ein Nerv (n) verzweigt. (250 Mal vergröß. Nach Ecker's Icon. physiol. Tab. XII. Fig. 11.)

**) Querschnitt durch einige sog. secundäre Muskelbündel, die durch Bindegewebelagen (a, a) zusammengehalten werden. Die zu größern Bündeln vereinigten Primitivbündel zeigen auf dem Querdurchschnitt eine mehr eckige, als runde Form. (Circa 150malige Vergrößerung. Ebenfalls nach Ecker.)

kroscop eine große Anzahl dunkler, wellenförmig oder gerade verlaufender Querstreifen, Streifen, die den Fasern eben den Namen der quergestreiften verliehen haben (s. Fig. 158). Sind das Falten der Scheide, deren Vorhandensein für die Formveränderungen des sich bald stärker, bald weniger stark verkürzenden Muskels nothwendig war? Setzen sie sich als Furchen auf den Inhalt der Faser fort, oder entsprechen sie kleinen Anschwellungen oder Erhabenheiten des letztern? Es mag auffallend erscheinen, daß wir in Betreff eines so tausendfältig beobachteten Verhältnisses noch Fragen aufwerfen, und doch, die Antwort auf dieselben ist noch nicht gefunden. Die Ursache, so wie die Bedeutung der Querstreifen der Muskelfaser ist bis dahin noch nicht genügend ergründet. Und nicht minder unklar sind uns noch manche Verhältnisse der organischen oder glatten Muskeln (Fig. 159 u. 160). Wir wissen mit Bestimmtheit, daß sie aus einer unendlichen

Fig. 159.*)

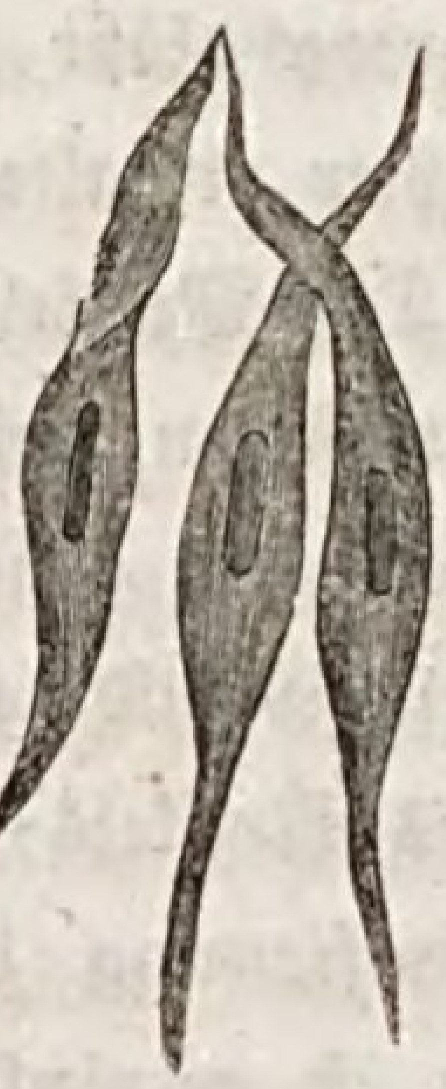


Fig. 160.**)



Anzahl einzelner, engverbundener, spindelförmiger Zellen von 0,02—0,04 ''' Länge und 0,002—0,003 ''' Breite bestehen. Die Zellen besitzen dabei einen Kern und einen mehr weniger flüssigen und feinkörnigen Inhalt. Fraglich ist es jedoch, ob dieselben jede eine besondere Hülle,

*) Drei einzelne glatte Muskelfasern. (250mal vergrößert. Nach Ecker a. a. O. Tab. XII. Fig. 12.)

**) Ein Stück glatten Muskelgewebes.

eine Zellhaut besitzen, oder ob sie etwa nach Art der Furchungskugeln des Eidotters (s. S. 27) abgesonderte Zellenmassen ohne besondere wahrnehmbare Umgränzungshaut bilden, und so im engen Verbande die Masse des ganzen Muskels zusammensetzen. Auch darüber hat die Zukunft noch zu entscheiden. Und wie steht es endlich um den Verband der Muskeln beider Art mit den ihre Bewegung hervorrufenden Nerven? So weit die Untersuchungen bis dahin reichen, scheinen sich die Nervenfasern zweigförmig mit feinsten Endigungen nur an ihnen zu verbreiten (s. Fig. 157), zwischen sie gelagert zu sein; doch es erfordert auch dieses Verhältniß noch weiterer Nachforschung.

Die chemische Zusammensetzung des Muskels betreffend, so steht es um die Kenntniß derselben zur Zeit noch weniger erfreulich, als um die seines feineren Baues. Was wir in dieser Beziehung wissen, beschränkt sich auf das Eine, daß der Muskelstoff wesentlich aus einem, dem sog. Faserstoff des Blutes nicht unähnlichen, stickstoffhaltigen Stoff, dem sog. Muskelfaserstoff oder Syntonin und einigen unorganischen Verbindungen besteht. Genaueres läßt sich bis dahin nicht angeben. Stellen wir uns jedoch die hier obwaltende Schwierigkeit der Untersuchung klar vor die Augen. Der Muskel ist durchzogen von feinsten Nervenfasern, von feinsten Blutgefäßen; seine Faserbündel sind zusammengehalten durch sog. Bindegewebe, in dessen Maschen sich vielfach Fettablagerungen befinden. All diese Gebilde müssen zunächst entfernt werden, wenn die Untersuchung des Muskels selbst ein ungetrübtes Resultat geben soll. Die totale Entfernung ist aber leider! fast eine Unmöglichkeit. Der Muskel ferner ist getränkt mit einer aus sehr verschiedenen Bestandtheilen zusammengesetzten Flüssigkeit, der sog. Fleisch- oder Ernährungsflüssigkeit, die man durch Auspressen des Fleisches aus ihm gewinnen kann. Es ist wieder fast unmöglich, beide, Muskelsubstanz und Fleischflüssigkeit, der Art zu trennen, daß jede für sich getrennt erhalten und untersucht werden kann. Ist es unter solchen Umständen ein Wunder, wenn die chemische Constitution der Muskelfaser selbst noch eine räthselhafte ist? Dürfen wir überhaupt auf eine klare Erkenntniß derselben hoffen? — Die trefflichen Forschungen Liebig's und Scheerer's über die Zusammensetzung des Fleischsaftes, Forschungen, die für die Lehre vom Stoffwechsel und die

Diätetik von der weittragendsten Bedeutung sind, regen freilich manche Erwartungen an. Es besteht dieser Fleischsaft einmal aus eiweißartigen Verbindungen, aus welchen sich das Syntonin hervorzubilden scheint, und andrerseits aus Stoffen, die entweder aus der Metamorphose des Syntonins selbst, oder auch aus der der eben genannten eiweißartigen Verbindungen hervorgehen, über deren weiteren Zerfall zu Verbindungen aber, die der Organismus ausscheidet (Harnstoff, Kohlensäure, unorganische Verbindungen u. s. w.), kaum ein Zweifel obwalten kann. Das stickstoffhaltige Kreatin, das ihm nahe verwandte Kreatinin, die stickstoffhaltige Inosinsäure, die stickstofffreie Milchsäure, das phosphorsaure Kali und der phosphorsaure Kalk sind uns als solche Stoffe bekannt. Wir werden später noch ausführlicher auf dieselben zurückkommen. Allein, wie erwähnt, wir vermögen Muskelfaser und Fleischflüssigkeit bis dahin noch nicht der Art zu trennen, daß jede in ihrer Integrität zur Untersuchung gelangen kann, und können somit auch nicht angeben, welche jener Verbindungen und Stoffe jener, welche dieser angehören. Es läßt sich bei solchem Stande der Dinge auch noch nicht übersehen, in wie weit die bei der Thätigkeit des Muskels thatsächlich stattfindenden chemischen Vorgänge oder Metamorphosen mehr den Bestandtheilen der Fleischflüssigkeit, oder mehr der eigentlichen Muskelsubstanz angehören; und wenn uns also G. v. Liebig den Beweis lieferte, daß in dem thätigen Muskel in der That ein Gaswechsel stattfinde, der Art, daß der Muskel Sauerstoff aufnimmt und Kohlensäure dafür abgiebt, daß die Menge dieser Kohlensäure dem Grade der Thätigkeit des Muskels entspricht, daß ferner der Sauerstoff, der dem Muskel durch das Blut zugeführt wird, ein wahres Lebenselement für ihn bildet, in so fern er seine Contractionsfähigkeit bedeutend erhöht; wenn es weiterhin eine zum Theil schon länger (durch Berzelius) festgestellte Thatsache ist, daß der Gehalt des Muskels an Kreatin, Kreatinin und insonderheit an Milchsäure durch den Act der Thätigkeit desselben erhöht wird; wenn es endlich durch Helmholtz andererseits nachgewiesen wurde, daß die Muskeln des Froschschenkels bei einer zwei bis drei Minuten anhaltenden, durch einen elektro-magnetischen Apparat eingeleiteten krampfhaften Zusammenziehung eine Wärmezunahme von 0,14 — 0,18° C. erfahren, — eine Erscheinung, von der

wir schon früher erwähnten, daß es fraglich sei, ob sie lediglich auf Rechnung des chemischen Stoffwechsels gebracht werden dürfe —, so verkennen wir den hohen Werth dieser Thatsachen sicher nicht, müssen aber dennoch gestehen, daß wir den innern Zusammenhang derselben bis dahin keineswegs klar und bestimmt erkannt haben, noch die Betheiligung der einzelnen Bestandtheile des Muskels bei dem Zustandekommen der einzelnen Erscheinungen zu ermessen vermögen.

Wir stellten oben noch eine dritte Frage; die Frage nach dem physikalischen Verhalten der Muskeln. Den berühmten Forschungen Ed. Weber's, so wie den auch hier wieder bewunderungswürdigen Arbeiten du Bois-Reymond's verdanken wir hinsichtlich ihrer die wesentlichsten Aufklärungen, und besser als über den Bau und die chemischen Verhältnisse sind wir ohne Frage über die physikalischen Eigenschaften des Muskels unterrichtet. Abgesehen von der Frage nach dem Wie? der Erregung des ruhenden Muskels, wissen wir durch Ed. Weber, daß in dem Moment, wo ihn der erregende Nervenstrom trifft, seine Fasern sich geradlinig (nicht in Zickzackform, wie man früher annahm) verkürzen, daß der ganze Muskel dabei fast ebensoviel im Querdurchmesser zunimmt, als im Längsdurchmesser verliert, das Volumen des ganzen Muskels sich also nur sehr wenig bei der Verkürzung ändert, daß ferner, je länger der Muskel, um so größer auch seine Verkürzungsfähigkeit ist, und daß die Kraft, welche er auszuüben vermag, der größeren oder geringeren Anzahl von Fasern, aus denen er zusammengesetzt ist, entspricht. Bei den quergestreiften Muskeln erfolgen diese Verkürzungen, die unter Umständen bis zu $^3/_4$ der ganzen Muskellänge betragen können, gemeiniglich ausnehmend rasch, momentan, der Art jedoch, daß sie im ersten Moment am kräftigsten und intensivsten sind, dann etwas nachlassen und schließlich an ihrem Gränzpunkte anlangen. Bei den glatten Muskeln geschehen alle Bewegungen bei Weitem langsamer, und es bieten dieselben deshalb auch jenes Bild wurmförmiger Bewegungen dar, welche wir z. B. am Darmkanale kennen. Keineswegs wirken nun aber die Muskeln dann am kräftigsten, wenn sie sich in der größten Verkürzung befinden; Ed. Weber hat vielmehr nachgewiesen, daß bei mittleren Graden der Verkürzung und Belastung die Nutzleistung des Muskels am größten ist. Es ist ferner experimentell er-

wiesen, daß der Muskel im Zustande der Ermüdung sich bedeutend weniger zu verkürzen vermag, als im Beginn der Thätigkeit; so verkürzte sich z. B. in einem Versuche ein Muskel von 39,8 Millimeter Länge im zweiten Zeitabschnitt einer durch einen elektro-magnetischen Apparat hervorgerufenen Thätigkeit um 33,8 Millimeter, im achten Zeitabschnitt um 20,9 Millim., im zwölften um 10,5 und im achtzehnten, im Zustande großer Ermüdung, nur noch um 4,1 Millim., — ein Verhältniß, welches Jedem annähernd schon aus der Erfahrung der Schwierigkeit, ermüdete Muskeln stark zusammenzuziehen, bekannt ist. Was aber veranlaßt, der Verkürzung des Muskels gegenüber, die Wiederherstellung seiner natürlichen Ausdehnung? Auch darüber haben die Versuche Ed. Weber's bereits entschieden, und wir wissen es, daß es seine Elasticität ist, der wir vorzugsweise dieselbe zuzuschreiben haben. Wird der lebende Muskel von einem Reize, dem Nervenstrome oder einem elektrischen Strome getroffen, so zieht er sich zusammen, er verkürzt sich. Sobald jedoch dieser Reiz aufhört, kehrt er vermöge der ihm eigenthümlichen Elasticität zu seinem vorherigen Ausdehnungsgrade zurück. Die Formveränderung, welche der Muskel während des Verkürzungsactes erfährt, ist also derjenigen zu vergleichen, welche ein elastischer Ball in Folge eines von verschiedenen Seiten auf ihn ausgeübten Druckes erfährt, und die Wiederherstellung seiner natürlichen Form gleicht dem Zurückspringen des Balles in seine Form nach dem Aufhören des Druckes. Diese Elasticität des Muskels nimmt nun aber während der Thätigkeit desselben bis zum Ermüdungszustande hin, ähnlich wie die Zusammenziehungsfähigkeit, immer mehr ab, Umstände, die uns die geringe Nutzleistung des ermüdeten Muskels hinlänglich erklären. Auch bedarf es noch der Erwähnung, daß sich der ruhende Muskel im thierischen Organismus keineswegs in einem ganz natürlichen Grade der Ausdehnung befindet, daß vielmehr alle Muskeln, auch im Zustande der Ruhe, sich in einem gewissen Grade der Ausspannung befinden, den ihre Elasticität nicht überwindet, in welchem sie vielmehr ständig durch ihre Verbindung mit den Knochen und durch ihre verschiedenartige entgegengesetzte Wirkung (Streckung und Beugung der Glieder) erhalten werden. — Für den festen Zusammenhalt der einzelnen Glieder war diese ständige Anspannung der Muskeln eine

Nothwendigkeit, und wir dürfen jenen wohl als den Hauptzweck der letztern betrachten.

So stellt der Muskel ein elastisches und der Zusammenziehung-fähiges, auf gewisse Reize sich ständig und wirklich zusammenziehendes Gebilde von den verschiedensten Formen und Farben dar. Gleich einer von außen nach innen ziehenden Kraft wirkt der elektrische Strom oder der Nervenstrom auf ihn ein, und die Rückkehr zu seiner frühern Ausdehnung verdankt er seiner Elasticität. Neuerer Zeit sind wir aber durch du Bois-Reymond noch von einem andern äußerst wichtigen physikalischen Verhalten des Muskels in Kenntniß gesetzt. Nach des genialen Forschers lehrreichen Untersuchungen ist nämlich der Muskel, gleich dem Nerven, im ruhenden Zustande ein sog. elektromotorischer Apparat. Schaltet man ein Stück Muskel in bestimmter Weise zwischen die Drähte eines Multiplicator ein, so wird ein elektrischer Strom von ihm abgeleitet, und von dem Dasein desselben giebt uns wieder die in dem Multiplicator aufgehängte Magnetnadel Kunde. Es unterscheidet sich jedoch das elektrische Verhalten des Muskels dadurch von dem des Nerven, daß er durch Hinzufügung eines elektrischen Stromes nicht in den sog. elektrotonischen Zustand (s. o. S. 94) versetzt wird; ist er dagegen in Thätigkeit, so zeigt die Magnetnadel, gleich wie bei dem Nerven im erregten Zustande, eine negative Schwankung. Verschiedene Verhältnisse haben dabei einen bedeutenden Einfluß auf die Intensität und Andauer des elektrischen Stromes. So wissen wir durch du Bois, daß der Strom um so intensiver ist, je größere Länge und je größeren Querschnitt (größere Dicke) der Muskel besitzt; wir wissen ferner, daß hohe und sehr niedrige Temperaturen die Leistungsfähigkeit und den elektrischen Strom des Muskels vernichten; daß chemische Agentien, als Säuren, ätzende Alkalien, concentrirte Kochsalzlösungen, eine gleiche Wirkung haben, daß endlich mit dem Grade der Ermüdung die Intensität des Stromes sinkt. Und wie entsteht der elektrische Strom im Muskel? du Bois hat uns auch hier auf die Nothwendigkeit der Annahme hingewiesen, daß der Muskel aus lauter elektromotorischen Molekeln zusammengesetzt sei, und zwar entweder aus peripolaren Molekeln, deren negative Polarzonen dem Querschnitt, deren positive Aequatorialzone dagegen der Oberfläche des Muskels

zugekehrt ist, oder aus dipolaren Molekeln in peripolarer Anordnung, der Art, daß je zwei, enger zusammengehörig, mit ihren positiven Polen einander zugewandt sind. *) — Werden wir aber bei der Kenntniß dieses elektrischen Verhaltens des Muskels nicht mit kaum abzuweisender Nothwendigkeit zu der Ansicht hingedrängt, daß die Zusammenziehung des Muskels in der That Wirkung einer elektrischen Kraft ist, daß der elektrische Strom des Muskels selbst durch den elektrischen Strom des Nerven in irgend welcher Weise erregt oder modificirt wird? Ja werden wir nicht weiter zu der Vermuthung verleitet, daß im ganzen Thierreich, wo es sich um durch zusammenziehungsfähige Gebilde bedingte Bewegungen handelt, auch elektrische Vorgänge im Spiele, elektrische Vorgänge die causa movens der Bewegung sind? Was in den mit Nerven versehenen Thieren der Nerv leistet, das leistet für die nervenlosen und für die contractionsfähige Körpersubstanz derselben vielleicht schon der Lichtstrahl und die ihn begleitende Wärme, oder irgend welche Berührung eines fremden Körpers, eine Ueberlegung, welche uns die trefflichen, schon früher einmal erwähnten Worte Alexander von Humboldt's über die „allverbreitete, eine Kraft“ nur zu lebhaft in das Gedächtniß ruft.

Die Muskeln des thierischen Organismus also sind es, an denen der Bewegungsnerv zunächst seine Wirkung entfaltet. Sein Erregungszustand ruft eine, von Elektricitätsentwicklung begleitete Verkürzung des Muskels hervor, und dieser, mit den festen Theilen des Körpers, mit dem Skelett oder dem Panzer u. s. w. des Thieres verbunden, bedingt eben durch den Wechsel seiner Contraction und Ausdehnung die Bewegung der einzelnen Glieder des Körpers. Es würde uns jetzt behuf einer tieferen Einsicht in die Leistungen der einzelnen Muskeln obliegen, über die Mechanik dieser Bewegungen, so wie über den Bau der festen, durch die Muskeln zu bewegenden Körpertheile, über den Bau der Knochen und Knorpel, des Panzers oder der Schaalen der niedern Thiere im Allgemeinen, so wie über den Bau der einzelnen Skelettheile, des Schädels, des Rumpfes, der vielgestaltigen Extremi-

---

*) Vgl. hierüber S. 94.

täten u. s. w. im Einzelnen zu handeln. Es liegen diese Betrachtungen jedoch außerhalb der Gränzen dieser Vorträge, da sie unumgänglich ein näheres Eingehen auf anatomische Details erforderlich machen, welche für das allgemeine Verständniß des thierischen Lebens eben so entbehrlich sind, als dem Gebiete allgemein-physiologischer Betrachtungen fern stehen. Nur über den feinern Bau und die chemische Zusammensetzung der das Skelett der Wirbelthiere bildenden und bald unmittelbar, bald durch Knorpel, Bänder, Gelenkkapseln u. s. w. verbundenen Knochen mag hier noch eine kurze Bemerkung Platz finden.

Es stellen die Knochen ein theils sehr festes, theils lockeres, schwammiges Gewebe dar, und zwar bildet das erstere überall die äußere sog. Rindensubstanz, das letztere dagegen die innere, mittlere sog. Marksubstanz derselben. Nirgends jedoch ist das Gewebe, wie es bei der Betrachtung mit bloßem Auge erscheint, ganz solide. Die Rindensubstanz ist vielmehr vielfach von Kanälchen zur Aufnahme von Blutgefäßen und Nerven, von den sog. Haversi'schen oder Gefäßkanälchen durchzogen, und die Marksubstanz enthält an ihrer Stelle größere rundliche oder längliche Hohlräume, die sog. Markzellen, die mit Mark, Blutgefäßen und Nerven erfüllt, und von dem lockeren, in der Form von zarten Blättchen oder Bälkchen netzförmig verbundenen Knochengewebe umgeben sind. Die Knochensubstanz selbst besteht dabei aus einer blättrigen, geschichteten, dichten Grundsubstanz, und aus sehr kleinen, mit einander in Communication stehenden Hohlräumen mit zarten, spinnenfußartigen, nach allen Richtungen ausstrahlenden Ausläufern, Hohlräume (Fig. 161 u. 162 a. f. S.), die man früher für feste Körperchen hielt und mit dem Namen der Knochenkörperchen belegte, jetzt aber, ähnlich wie bei der Hornhaut des Auges (s. o. S. 37) als die Träger einer Ernährungsflüssigkeit des Knochens, so weit er dieselbe nicht direct aus dem Blute beziehen kann, betrachtet. An seiner Oberfläche ist der Knochen mit Ausnahme der mit dem sog. Gelenkknorpel überzogenen Stellen von einer besondern, festen Haut, der Beinhaut oder dem Periost, überzogen, und diese mit dem Knochen selbst ziemlich fest verbundene Haut ist es eben, mit welcher die Muskelsehnen oder Muskelfasern fest verbunden sind, um so die Bewegungen der Knochen zu bewirken. Gleichzeitig ist die Beinhaut der Träger feiner

Blutgefäße, die von ihr aus in die Rindensubstanz des Knochens eindringen, sich in derselben in den Haversi'schen Canälen vielfach

Fig. 161.*)

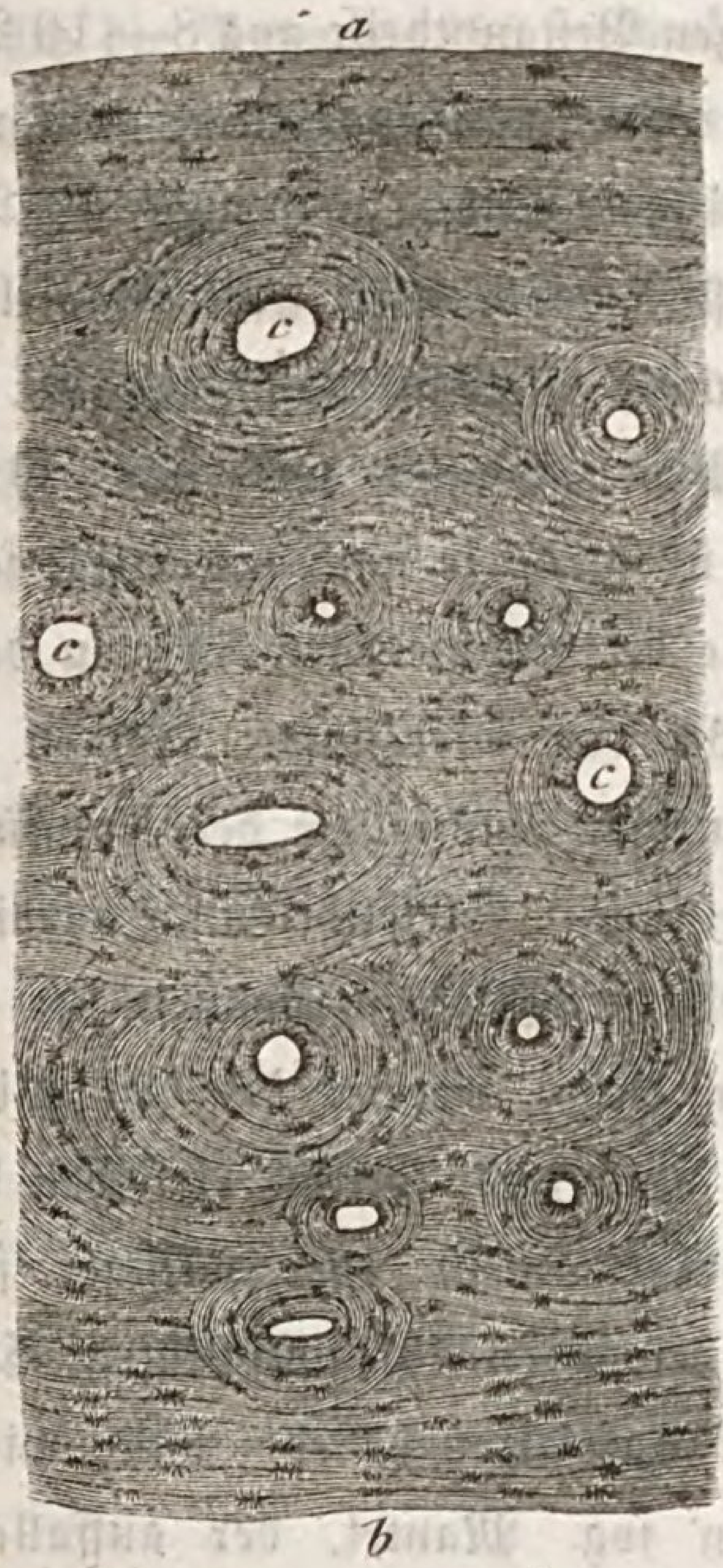
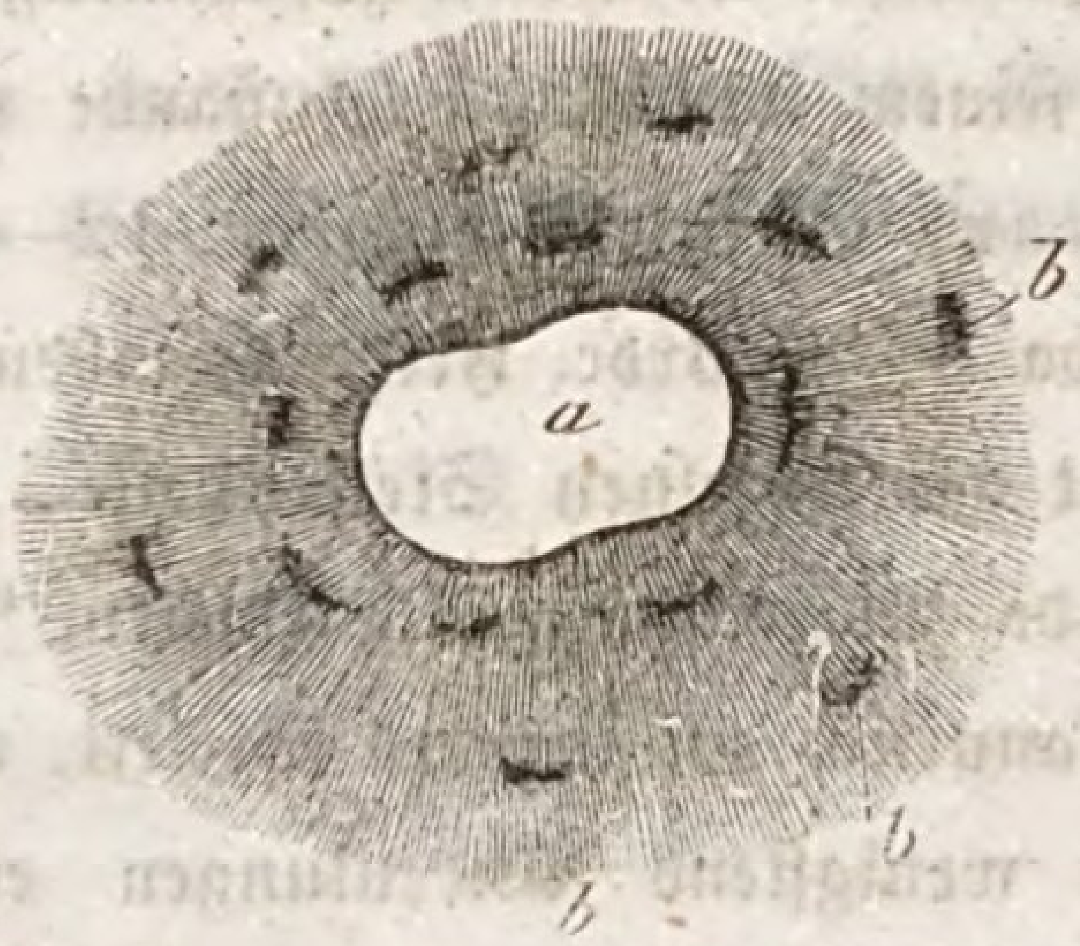


Fig. 162.**)



verzweigen, in der Marksubstanz des Knochens ein reiches Gefäßnetz bilden und so für die Ernährung des ganzen Knochens Sorge tragen. Die chemische Zusammensetzung des Knochens betreffend, so ist es be-

---

*) Stückchen eines bis zur Durchsichtigkeit dünn geschliffenen Querschnittes aus einem Fingerknochen des Menschen. a Aeußere Oberfläche des Knochens. b Innere, gegen die Markhöhle gerichtete Oberfläche. c Haversi'sche Canäle im Querschnitt umgeben von ihren Knochenlamellen. Die schwarzen Sternchen stellen die Knochenhöhlen und deren Ausläufer dar. (Nach Kölliker: Mikroscop. Anatom. II. 1. S. 282. 90mal vergröß.)

*) Ein Theilchen des Schliffes in Fig. 161, 300mal vergrößert. a Haversi'scher Canal. bbb Knochenhöhlen mit ihren Ausläufern in den den Canal umgebenden Lamellen.

kannt, daß der wesentlichste Bestandtheil derselben eine anorganische Verbindung, der phosphorsaure Kalk, die sog. Knochenerde ist. Es enthält die ganze Masse des menschlichen, trockenen Knochens 50—60 Proc. derselben, während die übrigen Bestandtheile aus 8—10 Proc. kohlensaurem Kalk (Kreide), 1—2 Proc. phosphorsaurer Magnesia, einer geringen Menge in Wasser löslicher Salze und etwa 30 Proc. organischer Materien zusammengesetzt sind. Der nicht trockene, vielmehr in seinem natürlichen Zustande untersuchte Knochen enthält dabei nach Stark's Untersuchungen 12—20 Proc. Wasser und nach Bibra etwa 3—6 Proc. Fett, Angaben, die übrigens je nach der Verschiedenheit der einzelnen Skeletttheile, so wie bei verschiedenen Thieren bedeutende Abweichungen darbieten. *) Bei den wirbellosen Thieren fehlt bekanntlich ein inneres Skelett, mit einziger Ausnahme der Kopffüßler, die wenigstens Andeutungen einer innern Skelettbildung darbieten. Bei den übrigen verleiht eine verschiedenartige Beschaffenheit der Körperhüllen dem Organismus denjenigen Halt, welcher bei den Wirbelthieren durch das Skelett gegeben ist, und zwar bilden dieselben bald, wie bei den meisten Gliederthieren, einen mehr oder weniger festen Panzer, dessen Grundlage aus einem besondern stickstoffhaltigen, Chitin genannten, Stoffe in Verbindung mit Kalksalzen besteht, bald, wie bei den Mantelthieren (Tunicaten), einen sog. Mantel, der auffallender Weise in seiner chemischen Zusammensetzung dem Pflanzenzellstoff gleicht, bald, wie bei den Stachelhäutern, hornige, kalkige Schaalen. Diese äußeren Hüllen sind es, die den Muskeln der niedern Thiere zum Befestigungspunkte dienen und dem Organismus derselben gleichzeitig die ihm eigenthümliche Festigkeit verleihen.

Weiter dürfen und wollen wir uns hier auf die Verhältnisse der passiven Bewegungsapparate, wie man das Skelett bezeichnen kann, nicht einlassen. Was wir zu erreichen strebten, wird auch schon mit dem Gegebenen annähernd erreicht sein. Wissen wir doch jetzt, wenn wir an unser früheres Bild zurückdenken, wie diese und jene Eindrücke zu dem Bewußtsein des Thieres gelangen, wie es bewußt oder unbe-

---

*) Vgl. Schloßberger's Versuch einer allgemeinen und vergleichenden Thierphysiologie. 1855. Bd. 1.

wußt in Folge der verschiedenen Eindrücke zu Bewegungen veranlaßt wird, wie diese selbst ferner zu Stande kommen. Aber ein reiches Feld der Betrachtungen liegt noch vor uns. Die interessante Frage, wie sich die Apparate des animalen Lebens aus den dem Thiere zugeführten Nahrungsmitteln aufbauen und ständig regeneriren, wie der von den Pflanzen zusammengefügte Stoff im Thierleibe metamorphosirt, nach allen Richtungen und in alle Theile hinein verbreitet und zum Bestandtheil desselben wird, wie ferner und in welcher Form er ihn wieder verläßt, sie wird den Gegenstand der nächstfolgenden Vorträge bilden.

Der innere Bau und das Leben des Thieres.

II. Bau und Verrichtungen der Apparate des vegetativen Lebens.

Zwölfter Vortrag.

Der Bau und die Verrichtungen der Verdauungsapparate.

In einem früheren Vortrage haben wir das Thier als ein Werkglied des uns umgebenden Naturganzen bezeichnet, in den letzteren dagegen seine individuellen Leistungen, so weit sie abhängig sind von den Apparaten des animalen Lebens, ins Auge gefaßt. Von welchem Gesichtspunkte man aber den Ausgang auch nimmt, immer führt die Ueberlegung zu dem Resultate, daß es ständig der Aufnahme einer gewissen Menge unorganischer und organischer Stoffe bedarf; dort, um fördernd einzugreifen in den Kreislauf des Stoffes und damit seiner allgemeinen Lebensaufgabe zu genügen, hier, um einen gewissen Grad der körperlichen Entwicklung zu erreichen und ständig Ersatz zu finden für das, was dem Körper durch die andauernde Thätigkeit, durch die gesammten Lebensvorgänge selbst verloren geht. — Wie in der voranstehenden Betrachtung erwähnt wurde, büßt der Muskel in Folge andauernder Thätigkeit nicht nur seine Leistungsfähigkeit ein, sondern erleidet auch gewisse chemische Metamorphosen, die eben die wesentlichste Ursache jener Einbuße zu sein scheinen. Aehnlich verhält es sich aber mehr oder weniger mit fast allen Formbestandtheilen des Thierkörpers. Nur sehr wenige dieser Bestandtheile, wie z. B. der Schmelz der Zähne, bleiben während der ganzen Lebensdauer unverändert dieselben; die meisten fallen in Folge ihrer Thätigkeit bald rascher, bald langsamer chemischen Metamorphosen anheim, und der Verlust ihrer wesentlichsten Eigenschaften ist die unausbleibliche Folge davon. Es bedarf kaum der Hinweisung, daß diese leichte und ständige Veränderlichkeit der Formbestandtheile der Organismen eine Nothwendigkeit war, wenn anders die Leistungsfähigkeit und Existenz des Thieres überhaupt nicht gefährdet sein sollten; kein erdenklicher Stoff würde Jahre lang denselben Anforderungen genügen können, ohne die Fähigkeit dazu endlich

zu verlieren. Aber die eine Nothwendigkeit hat auch eine zweite in ihrem Gefolge, und ohne die Zufuhr eines Materiales, von dem aus sich die untüchtig gewordenen Körperbestandtheile ständig regeneriren, die erlittenen Verluste immer wieder gedeckt werden können, würde das Thier nicht zu existiren und das nicht zu leisten im Stande sein, was es zu leisten bestimmt ist.

Dieses Material nun bilden die sog. „Nahrungsmittel" des Thieres. — Wir lassen es hier dahingestellt sein, ob und in wie fern ein Theil der von dem Thiere aufgenommenen „Nahrungsmittel" nur bestimmt ist, in ihm in einfachere Verbindungen zu zerfallen, der übrige Theil dagegen der Entwicklung und steten Verjüngung der Formbestandtheile dient. Nicht unwahrscheinlich ist es, daß, insonderheit im gereiften Organismus, nur ein gewisser Theil der sog. Nahrungsmittel im eigentlichen Sinne des Wortes als Nahrungs- oder Bildungs- oder Ersatzmittel aufgefaßt werden darf, der übrige Theil dagegen nur die Rolle eines für gewisse Metamorphosen bestimmten Transitostoffes spielt. Auch die weitere, nicht uninteressante Untersuchung, in wie fern bei den verschiedenen thierischen Organismen, bis zum Menschen hinauf, die Stoffaufnahme mehr den individuellen Leistungen und Schicksalen des Thieres zu genügen, oder vielmehr der früher bezeichneten allgemeinen Lebensaufgabe desselben zu entsprechen bestimmt ist, kann hier nicht Gegenstand unserer Aufmerksamkeit werden. Fragen wir dagegen, welche Stoffe es sind, die der Entwicklung und der ständigen Verjüngung des Thieres dienen, die andrerseits einen bestimmten Zerfall im thierischen Organismus erfahren sollen, so wissen wir es ebenfalls schon aus einem frühern Vortrage, daß es die Pflanze ist, welche dieselben liefert; denn ob sich auch manche Thiere nur von andern Thieren nähren, im letzten Gliede ist doch immer die Pflanze die Quelle ihrer Existenz. Dieselben Elementarstoffe, welche die Pflanze zusammensetzen, setzen auch den thierischen Organismus zusammen; derselbe Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, welcher hier das Pflanzeneiweiß bildet, ist dort bei der Bildung des Bluteiweißes, des Muskels, ja des größten Theiles der ganzen Körpermasse betheiligt, und dieselben Atome Kalk- und Talkerde, dieselben Atome Eisen, dieselben alkalischen Basen, welche hier die vegetabilische Zelle, das Blattgrün oder die Frucht

bilden helfen, bedingen dort die Bildung der thierischen Zelle, des Knochens oder Panzers, der Blutkörperchen oder der Blut- und Fleischflüssigkeit. Aus Blatt und Frucht geht Blut und Fleisch hervor; „zur regsamen Nervenfaser" gestaltet sich, was die Pflanze zusammengefügt; zu allen Theilen des Organismus gelangen die Nahrungs- oder Bildungsstoffe hin, um ihnen zum Ersatz erlittener Verluste zu dienen, um nach einer langen Reihe von Metamorphosen endlich den Thierkörper in der Form von Kohlensäure und Wasser, oder von Galle, Harnstoff u. s. w., oder von Salzen verschiedener Art wieder zu verlassen, und in das Reich der unorganisirten Körper zurückzukehren.

Wie kommen diese Erscheinungen des vegetativen Lebens zu Stande? Wie werden die Metamorphosen des Stoffes bewerkstelligt? Wie der Pflanzenstoff im Thierkörper umgetrieben, umgestaltet, zerlegt und endlich wieder aus dem Organismus entfernt?

Mehr als irgendwo bedarf es es hier des Hinweises, daß, um richtige Anschauungen von den Lebensvorgängen im thierischen Organismus zu gewinnen, die Kenntniß einer langen Reihe von Thatsachen, von anatomischen, physikalischen und chemischen Verhältnissen ein unabweisliches Bedürfniß ist. Ein Mangel dieser Kenntniß würde es unmöglich machen, auch nur eine der eben gestellten Fragen zu beantworten. Sollen und dürfen dieselben aber bei dem Leser dieser Vorträge nicht vorausgesetzt werden, so bleibt dem Verfasser nichts übrig, als auch auf die speciellere Darlegung jener Verhältnisse, so weit es nothwendig ist, einzugehen, selbst auf die Gefahr hin, die Vorstellung hie und da durch die mannigfachen Einzelnheiten zu belästigen oder zu ermüden. — Die Fülle der Gegenstände ist dabei so groß, daß es unthunlich ist, sie in einem Vortrage zu vereinigen. Die Mannigfaltigkeit der vielfach durchforschten Bau- und Lebensverhältnisse des im Verhältniß zum Ganzen verschwindend kleinen einzelnen thierischen Organismus ist in der That nicht minder groß, als die des bis dahin noch weniger übersehenen Seins und Geschehens im großen Naturganzen. Wir sind also zu einer Trennung gezwungen. Steht uns da aber die Wahl frei, so geben wir hier derjenigen den Vorzug, welche sich dem natürlichen Laufe der Dinge am nächsten anschließt, und, den Nahrungsstoffen auf ihren Wegen durch den Organismus

folgend, wollen wir dreifach trennen, was die Natur untrennbar verbunden hat. Wir werden demnach zunächst die ersten Metamorphosen der Nahrungsstoffe im thierischen Organismus und diejenigen Apparate in's Auge fassen, vermittelst welcher dieselben herbeigeführt werden; wollen uns sodann im zweiten Abschnitt der Frage nach dem Wie? der Verbreitung des Nährstoffes, seinen weiteren Metamorphosen und seiner Umbildung zu integrirenden Formbestandtheilen des Organismus und zu Drüsensäften zuwenden; dem dritten Abschnitt aber endlich die Darstellung des Zerfalls der Blut- und Gewebsbestandtheile, so wie der Wege, auf denen die Produkte dieses Zerfalls aus dem Organismus entfernt werden, zuertheilen. So wird sich auch hier schließlich ein klares, übersichtliches Bild gewinnen lassen und die künstliche Trennung, falls der Versuch gelingt, die Vorstellung von dem natürlichen Zusammenhang der Erscheinungen nicht beeinträchtigen. —

Zunächst also von den ersten Metamorphosen des Nahrungsstoffes im Thierkörper und den Apparaten, welche für die Herbeiführung derselben Sorge tragen, d. h. von den Verdauungsapparaten.

Im Allgemeinen besteht die Aufgabe der Verdauungsapparate darin, die vom Thiere aufgenommenen Nahrungsstoffe chemisch sowohl, als physikalisch der Art zu verändern, daß sie zum Uebergang in die Körpermasse, oder zunächst in ein überall geschlossenes Gefäßsystem, befähigt werden. Es leisten die Verdauungsapparate des Thieres für seine Nahrungsmittel in der That dasselbe, was der Regen für die Nahrungsmittel der Pflanze, für die unorganischen sowohl, als organischen Bestandtheile des Erdbodens. Wie jener die letztern auflöst und zum Uebertritt in die Wurzelzellen der Pflanze geschickt macht, also sollen die Verdauungsapparate mit den von ihnen abgesonderten Säften die Nahrungsmittel des Thieres zum Uebertritt in die Zellen des Thierkörpers vorbereiten, und halten wir an der Parallele fest, so lassen sich auch die der Höhlung des Verdauungsapparates zugewandten und zunächst mit dem nährenden Inhalt desselben in Berührung kommenden Zellen des Thierkörpers sehr treffend den Wurzelzellen der Pflanze vergleichen. — Es werden die Nahrungsstoffe aber von dem Thiere

bald in flüssiger, bald in fester Form aufgenommen, und die Anforderungen, die von ihnen an die Verdauungsapparate gestellt werden, gestalten sich darnach sehr verschieden. Im ersteren Falle bedarf es, je nach den im Wasser gelösten Bestandtheilen, nur dieser oder jener oder auch gar keiner chemischer Metamorphosen, damit die Stoffe an ihren Bestimmungsort gelangen; im zweiten ist dagegen sowohl eine Zerkleinerung, als Auflösung, als endlich eine chemische Metamorphose der Nahrungsstoffe erforderlich, und diese werden im höher entwickelten Thiere mittelst einer längeren Reihe verschiedenartiger Apparate und im Thierkörper selbst zubereiteter Drüsensäfte herbeigeführt. Es gehören dahin die Kauapparate, die Speicheldrüsen und die von ihnen abgesonderte Speichelflüssigkeit, der Magen und der von ihm abgesonderte Magensaft, die Bauchspeicheldrüse und ihr Secret, die Leber und die von ihr gelieferte Galle, und endlich die in den Wandungen des Darmkanals selbst gelegenen Drüsen und deren Absonderungssäfte. Sehen wir, wie sich diese einzelnen Organe im Allgemeinen in der Thierreihe verhalten, und welche Eigenschaften die von den bezeichneten Drüsen gelieferten sog. Verdauungssäfte besitzen.

Was zunächst die Apparate betrifft, welche zum Ergreifen, zur Aufnahme und zur ersten Zerkleinerung der Nahrungsmittel dienen, so sind dieselben je nach der Nahrung sowohl, auf welche das Thier angewiesen ist, als nach den Eigenthümlichkeiten seines gesammten Baues äußerst verschieden gestaltet. Bald soll ein Blatt zernagt, bald eine größere Menge vegetabilischen Stoffes zermalmt, bald der Nahrungsstoff zerschnitten oder zerbrochen, bald ein andres Thier verwundet und ausgesogen werden; bald wieder fehlt dem Thiere ein festes Kopfgerüst und dennoch soll es mehr oder weniger harte Nahrungsstoffe zerkleinern, bald wieder soll sein Kopf eine verhältnißmäßig große Leichtigkeit bewahren und dennoch, ohne mit einem eigentlichen Gebiß beschwert zu sein, einen Aufnahme- und Zerkleinerungsapparat der Nahrungsmittel an sich tragen. Darnach mußten denn auch die Greif- und Kauapparate selbst in tausend verschiedene Formen gebracht werden, und sollte gleichzeitig überall dem Gesetze der Sparsamkeit in den beim Aufbau des Thierreichs anzuwendenden Mitteln entsprochen werden, so mußte damit die Mannigfaltigkeit selbst nur

noch vermehrt werden. Schon ein flüchtiger Blick auf die Thierreihe wird uns davon einen hinreichenden Begriff verschaffen.

Wo das Thier sich, gleich der Pflanzenzelle, nur durch Einsaugung in seiner Umgebung befindlicher Stoffe ernähren sollte, bedurfte es selbstverständlich gar keines Mundes, keiner Oeffnung zur Aufnahme der Nahrung. Wir vermissen eine solche deshalb auch bei vielen niedersten, zu den Infusorien oder Protozoën gezählten Thierformen, wie z. B. den Rhizopoden, und nicht minder bei manchen Eingeweidewürmern, die an Orten und unter Verhältnissen leben, in denen sie ihren Nahrungsstoff fertig gebildet von allen Seiten zugeführt erhalten und denselben nur durch Aufsaugung in sich aufzunehmen brauchen. Die Anzahl mundloser Thiere ist aber dennoch immer nur eine unbedeutende, und wenn sich selbst bei vielen Infusorien schon durchgängig eine bald mehr nach vorn, bald mehr nach hinten gelegene Mundöffnung findet, die, von wimpernden Fäden umgeben, durch die schwingende Bewegung dieser die Nahrungsstoffe zugeführt erhält, so fehlt sie in der übrigen Thierreihe, außer bei den genannten Eingeweidewürmern nirgends mehr. —

Beginnen wir diese Reihe mit den P o l y p e n und S c h e i b e n q u a l l e n, so ist die Mundöffnung bei der Mehrzahl derselben in der Mitte der vordern Körperscheibe gelegen und von einer Reihe sog. Arme, die bald nahe dem Munde, bald weiter davon entfernt am Rande der Scheibe befestigt sind, umgeben (vgl. Fig. 88 u. 89). Es nähren sich diese Thiere von den kleinsten oder kleineren Bewohnern des Meeres, und um dieselben einzufangen und dem Munde zuzuführen, dienen ihnen eben die sog. Fangarme. Insonderheit bei den Scheibenquallen sind diese Arme noch mit eigenthümlichen sog. Angelorganen versehen, die aus einer kleinen, ovalen, derbhäutigen, an ihrem einen Ende zu einem Faden ausgezogenen Kapsel bestehen und zur Sicherung oder Tödtung der Beute beizutragen scheinen. In der Ruhe des Thieres liegt der bezeichnete Faden eingestülpt im Innern der Kapsel; sobald sich die letztere aber, wie z. B. in Folge von Wasseraufnahme, ausdehnt oder von außen gedrückt wird, springt der Faden hervor, dringt wie eine Nadel in die nahe liegenden Körper ein, und verwundet dieselben nicht nur, sondern leitet auch die im Innern der Kapsel ent-

haltene Flüssigkeit, die wie ein Gift zu wirken scheint, in sie über.*) Eine bemerkenswerthe Abweichung von diesen Einrichtungen zeigt sich übrigens bei den zu den Scheibenquallen gehörigen Rhizostomiden (Thiere mit wurzelförmigen Mundorganen). Diese besitzen anstatt einer centralen Mundöffnung eine Reihe von Fangarmen, die einen an dem äußern Ende mit vielen kleinen Oeffnungen versehenen Canal, der nach innen in die Leibeshöhle mündet, einschließen. Gleich Wurzeln nehmen diese Arme flüssige und vermittelst der Oeffnungen auch feinkörnige Nahrungsmittel auf, die dann durch den Canal hindurch in das Innere des Thieres gelangen (s. Fig. 163). — Bei den Stachelhäutern liegt der Mund am vordern Ende der langen Körperachse oder, wo der Körper eine Scheibenform hat, in der Mitte dieser Scheibe. Auch bei ihnen finden sich aber noch allgemein verschiedenartige Hülfsorgane, die die Stelle der Fangarme der Polypen und Quallen vertreten und für die Zuleitung der theils animalischen, theils vegetabilischen Nahrungsmittel zu der Mundhöhle Sorge tragen. So sind die Seesterne und Seeigel an der ganzen Oberfläche ihres Körpers mit kleinen Zängelchen, den sog. Pedicellarien, so die durch ihren länglich, cylindrischen Körper ausgezeichneten Holothurien mit besondern, den Mund umgebenden Tentakeln versehen. Innerhalb der Mundöffnung findet sich bei den letztern sowohl, wie bei den Seeigeln ein eigenthümlicher Kauapparat, der aus fünf einzelnen Knochenstückchen besteht und, mit den Schlundmuskeln verbunden, durch diese bewegt wird. Bei den

Fig. 163. **)

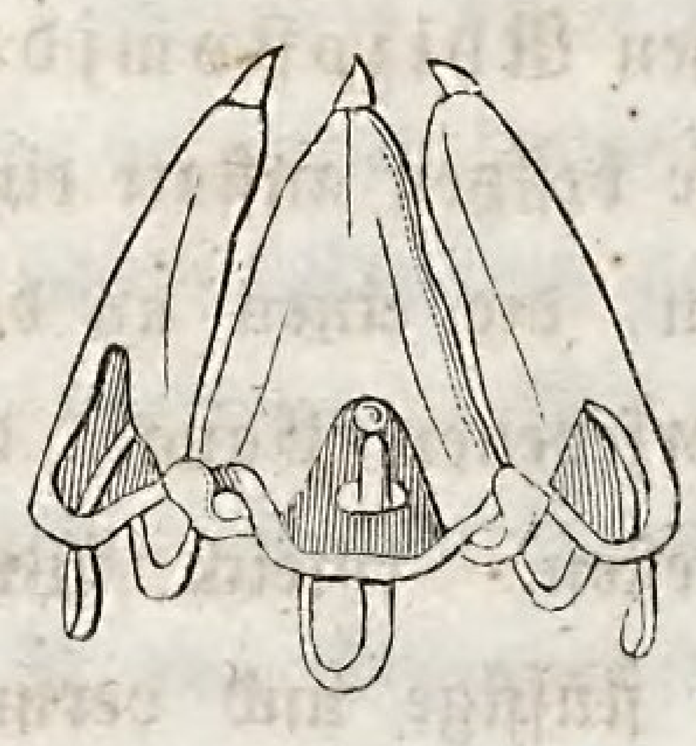


*) Vgl. Leuckart in Bergmann und Leuckart's vergleichender Anatomie und Physiologie. S. 130. — Auch hier, so wie in den folgenden Abschnitten, ist dieses Werk bei Darlegung vergleichend-anatomischer Data vorzugsweise vom Verfasser benutzt. —

**) Senkrechter Durchschnitt von Rhizostoma Cuvieri. (Copie aus R. Wagner's Icon. zootom. Taf. 33.) — a Magenhöhle. bb Arme mit Saugöffnungen und Sauggefäßen, die sich zur Bildung der Speiseröhre (c) vereinigen. —

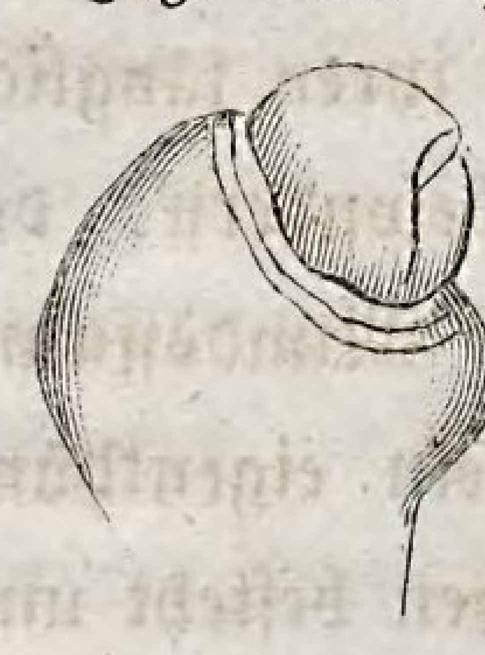
Seeigeln sind diese einzelnen Knochenstückchen sogar mit einem aus dem

Fig. 164. *)



Munde hervorragenden Schmelzzahn bewaffnet, ein Apparat, der dem vergleichenden Anatomen als „Laterne des Aristoteles" bekannt ist (Fig. 164). Bei den Seesternen findet sich keine so vollkommene Vorrichtung zum Kauen; doch springt hier das Hautskelett mit fünf harten, mitunter gezähnelten Fortsätzen in die Mundöffnung vor. Bei den Weichthieren, die sich, außer den Lungenschnecken, nur von animalischer Kost nähren, ist die Mundöffnung bald von blatt- oder tentakelförmigen, mit Wimpern versehenen Anhängen umgeben (so bei der Auster), bald tragen die langen Kopfarme, wie bei den Kopffüßlern, Sorge für die Zuleitung der Nahrung, bald aber finden sich auch keine weiteren äußern Fang- oder Greifapparate. Im letztern Falle ist dafür dann in der Regel der Schlundkopf mit verschieden geformten, hornigen Gebilden ausgerüstet, oder auch mit einem vorstreckbaren Rüssel versehen. Die hornigen Theile bestehen entweder aus kieferartigen Gebilden, die sich papageyenschnabelartig gegen einander bewegen und aus dem Munde hervorgestreckt werden können (Fig. 165), oder aus einer sog. Reib-

Fig. 165. **)



platte oder Zunge, die oft sehr beträchtlich lang, und, um die Nahrungsstoffe in den Mund hineinziehen zu können, mit zahlreichen, zierlich geordneten Leisten, Schuppen und Zähnen, deren Spitzen nach hinten gerichtet sind, versehen ist. Einige Raubschnecken verdanken diesen, unter dem Mikroscop sich so äußerst zierlich ausnehmenden Gebilden selbst die Fähigkeit, die harten Schaalen anderer Thiere anzubohren, und so in den Besitz des Inhaltes derselben zu gelangen. Den Würmern, deren Nahrung wohl durchgehends eine animalische ist, die Erde,

*) Kauapparat des Seeigels. (Laterne des Aristoteles.) (Nach Bergmann und Leuckart a. a. O. S. 128.)

**) Kiefer des Tintenfisches. (Nach Bergmann und Leuckart a. a. O. S. 124.)

Schlamm u. s. w. in sich aufnehmen und dieselben wieder aus dem Körper entfernen, nachdem die nahrhaften Bestandtheile daraus ausgezogen und aufgenommen sind, fehlen überall eigentliche Mundorgane. Bei einigen schmarotzenden Würmern kommen zwar in der Umgebung des Mundes hornige Skelettstücke, die zum Bohren dienen, vor, und bei andern festsitzenden Würmern (z. B. den Kopfkiemern) finden sich sog. Tentakeln, mit Flimmerhaaren besetzte Fangarme, die dem Munde die Nahrung zuwedeln; allein diese Organe sind von wenig großer Verbreitung. Der geringen Entwicklung des Mundes gegenüber kommt hier dagegen eine bedeutend kräftige Ausbildung des Schlundkopfes vor. Oft sind die Muskeln desselben stark entwickelt und dienen als Zerkleinerungsmittel der Nahrung; oft ist die innere Haut von sehr derber Beschaffenheit, mit Höckern, Zähnen und Leisten versehen; noch öfter (so namentlich bei vielen frei lebenden Rückenkiemern) sind diese hornigen Gebilde zugleich in Waffen zum Angriff und zum Festhalten der Beute verwandelt, in Zähne, Spieße oder wirklich paarige Kiefer, die aus dem Munde hervorgestreckt werden können. So finden sich z. B. bei dem Blutegel im Schlunde drei hornige neben einander stehende Platten, die hervorgestreckt mit ihrem freien gezähnelten Rande zum Zernagen der äußern Bedeckungen eines Thieres dienen. Bei den Hautkiemern und Turbellarien (Strudelwürmern) findet sich ebenfalls ein Greifapparat, der aber hier die Gestalt eines Rüssels hat. Es liegt dieser, wie eine Zunge, im Innern der Schlundkopfhöhle und stellt ein einfaches cylindrisches Rohr dar, dessen Lumen mit dem des Darmcanals unmittelbar communicirt; bei den zu den Strudelwürmern gehörigen Nemertinen trägt der Rüssel im Innern außerdem nicht selten eine aus Hornspießen bestehende Bewaffnung. —

Es bedarf kaum der Bemerkung, daß all diese verschiedenen Apparate nicht nur der für das Thier bestimmten Nahrung und seinem übrigen Körperbau entsprechend geformt sind, sondern auch die gesammte Lebensweise des Thieres für die Wahl dieser oder jener Einrichtungen entscheidend war. So finden sich überall da, wo das Thier der Augen entbehrt, oder in Folge seiner festsitzenden Lebensweise oder langsamen Körperbewegung die Nahrungsmittel nur selten mit dem Munde selbst erfassen kann, jene Hülfsapparate in der Form von Wimpern, Tentakeln

oder Fangarmen, die dem Munde die erforderliche Nahrung zuzuführen bestimmt sind; und wo das Thier stets unmittelbar von reichlichen Mengen nährender Stoffe umgeben lebt, da fehlen diese Apparate, denn auch ohne sie kann eine hinreichende Menge von Nahrung von den Mundtheilen ergriffen und aufgenommen werden. Ganz dem entsprechend vermissen wir jene Hülfsapparate denn auch bei den Gliederthieren, die, der Mehrzahl nach mit scharfem Sehvermögen ausgerüstet, sich rasch auch in die Nähe der erspäheten Beute zu begeben vermögen, um dieselbe dann mittelst ihrer Tastorgane zu prüfen und, falls sie ihnen zusagt, mit Hülfe besonderer Greifapparate dem Munde zuzuführen. Es treten uns hier die Mundtheile zuerst als wahre Kopfgliedmaaßen entgegen, und zwar begegnen wir in der Regel einer Reihe von vier Gliedern, die der Oberlippe, dem Oberkiefer, dem Unterkiefer und der Unterlippe der Wirbelthiere entsprechen (Fig. 166, 167, 168).

Fig. 166.*)

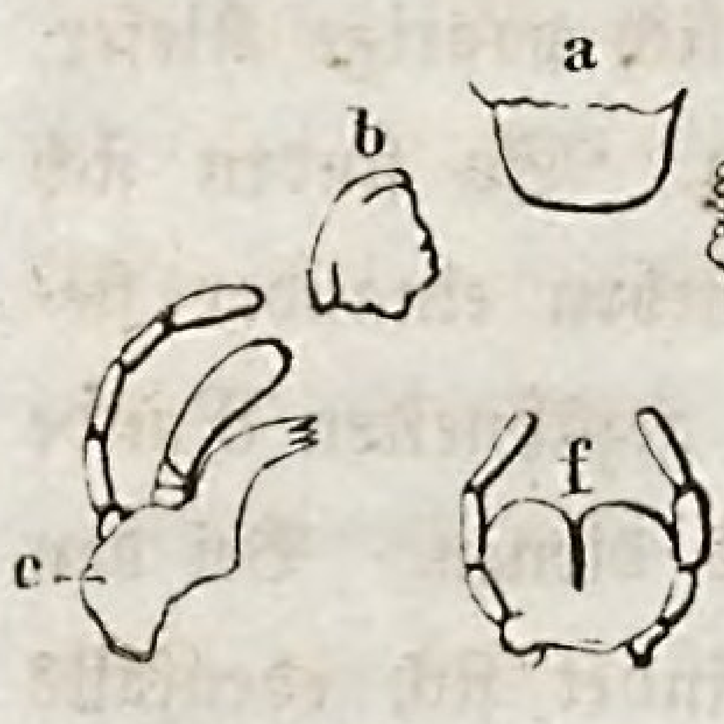


Fig. 167.**)

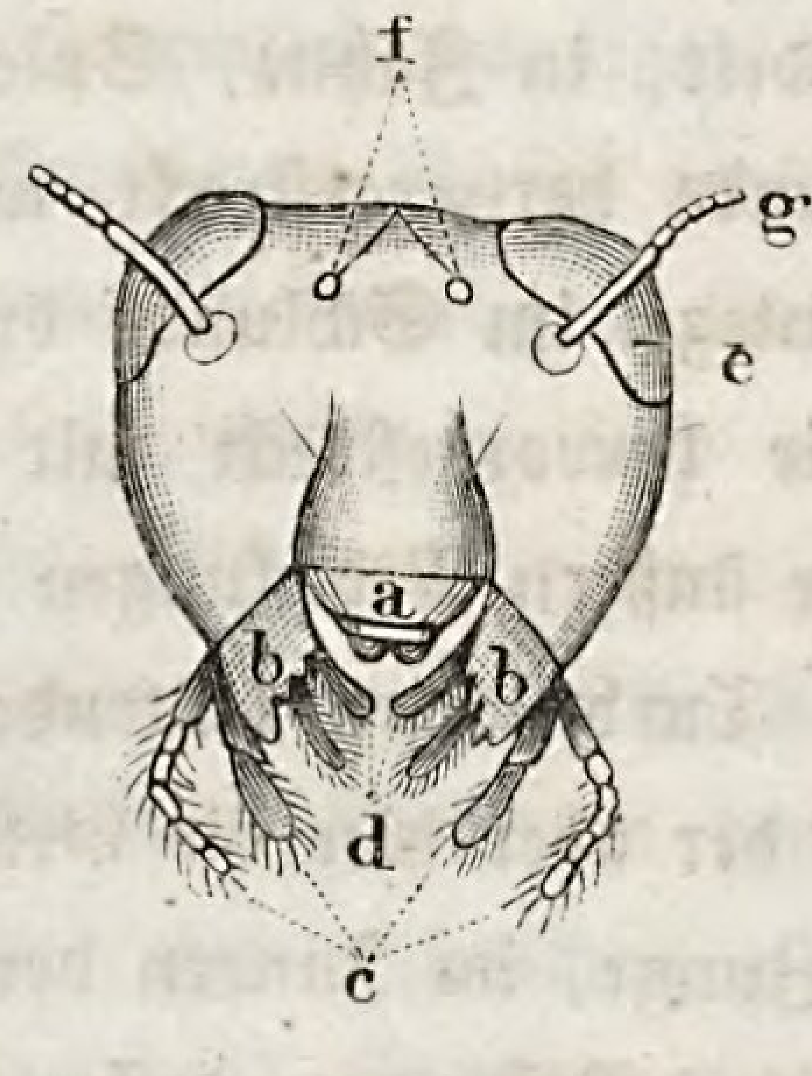


Fig. 168.***)



*) Die auseinandergelegten Mundtheile eines Heimchens. a Oberlippe. b Oberkiefer. c Unterkiefer mit Palpen (e). f Unterlippe, ebenfalls mit Palpen. (Nach Milne-Edwards a. a. O. S. 457.)

**) Mundtheile eines Käfers. a Oberlippe. b b Oberkiefer. c Unterkiefer. d Unterlippe. — e Zusammengesetzte Augen. f einfache Augen. g Antennen. (Milne-Edwards a. a. O. S. 428.)

***) Mundwerkzeuge der Honigbiene (von unten gesehen). a Oberkiefer. b Unterkiefer mit lancettförmiger Lade c. d Hinterer, auf einem Kinn aufsitzender Theil der Unterlippe, der vorn die cylinderförmige Zunge (f) und zu den Seiten zwei lange Taster trägt. (Nach Bergmann und Leuckart a. a. O. S. 98.)

Je nach den verschiedenen Nahrungsverhältnissen und Leistungen der Sinnesapparate sind dieselben dann auf das Verschiedenste gestaltet und in ihrer Function werden sie nicht selten noch durch die eigenthümlich gestalteten der Mundöffnung nahe gelegenen vorderen Extremitäten, als Beikiefern, so wie von den mit den Kiefern oder der Unterlippe verbundenen Tastern oder Palpen unterstützt. Das erste der vier Glieder, welches der Oberlippe entspricht, ist immer unpaarig; die Oberkiefer (mandibulae) und Unterkiefer (maxillae) dagegen immer paarig; das vierte, die Unterlippe repräsentirende Glied ist bald paarig, bald unpaarig; seinen hintern Theil, auf dem häufig, wie z. B. bei der Honigbiene, eine Zunge befestigt ist, nennt man das Kinn. Schon das bloße Auge genügt in vielen Fällen, um die Gestaltung dieser Apparate zu erkennen; von der Feinheit des Baues derselben bei den kleinern Gliederthieren verschafft aber ein Blick durch das Mikroscop leicht ein treffliches Bild. — Die Nahrung der Gliederthiere ist sehr verschieden. Krebse, Spinnen u. a. nähren sich fast nur von animalischer Kost; sie bedürfen besonders gestalteter Organe, um dieselbe zu ergreifen, um zu tödten oder zu saugen; andere, wie die Schmetterlinge, die Heuschrecken u. s. w. sind nur auf vegetabilische Kost angewiesen; sie bedurften anders gestalteter, sägeförmig oder schabend und kauend wirkender Freßwerkzeuge. Schon aus den verschiedenen Zwecken, zu denen sie dienen sollen, läßt sich die große Mannigfaltigkeit der Formation dieser Organe begreifen. Doch es würde uns hier zu weit führen, wollten wir auf eine nähere Schilderung derselben eingehen; wie überhaupt in Bezug auf vergleichend-anatomische Verhältnisse, so sei auch hier auf die trefflichen, auch dem Laien zum größten Theil verständlichen Darstellungen verwiesen, welche uns Bergmann und Leuckart in ihrer „vergleichenden Anatomie und Physiologie" gegeben haben.

Es bleiben uns noch die Greif- und Kauapparate der Wirbelthiere übrig. Auch hier wieder begegnen wir je nach Art der Nahrung, nach Lebensverhältnissen und allgemeinem Körperbau einer unendlichen Mannigfaltigkeit von Bildungen. Zwar findet sich darin eine allgemeine Uebereinstimmung, daß alle Wirbelthiere eine von Ober- und Unterkiefern umgebene Mundhöhle besitzen, allein in Bezug auf ihre Bewaffnung durch Zähne, ihre Beweglichkeit, ihre Form u. s. w.

sind die Verschiedenheiten dennoch sehr auffallend und mannigfach. Bekanntlich haben nicht alle Wirbelthiere Zähne. So entbehren unter den Fischen z. B. die Störe, unter den Amphibien die zungenlosen Frösche, durchaus der harten Mundtheile. Auch unter den Säugethieren sind einige als zahnlos bekannt, wie u. a. der Ameisenbär (Fig. 169) und das Schuppenthier. Andere Wirbelthiere sind statt mit Knochenzähnen mit Hornzähnen oder anderweitigen hornigen Gebilden ausgestattet, dahin gehört z. B. unter den Säugethieren das durch seine breiten schnabelartigen hornigen Kieferplatten ausgezeichnete Schnabelthier. Insonderheit aber sind hierher die Vögel und unter den Reptilien die Schildkröten zu rechnen, deren Kiefer nicht mit Zähnen versehen, sondern mit Hornscheiden überzogen sind und je nach der Nahrung des Thieres bald scharfe, bald stumpfe Kanten, bald zahnartige Fortsätze, bald seichte Einkerbungen besitzen. Bei den Walfischen wieder besteht die Mundbewaffnung in den von dem Gaumen herabhängenden sog. Barten, hornigen Platten, die an ihrem freien Ende gefranzt sind, und in Folge davon gleich einem Seiheapparate die kleineren, zur Nahrung dienenden Thiere aus dem Meerwasser ausscheiden und festhalten (Fig. 170). — Wo sich dagegen wirkliche mit Schmelz überzogene Knochenzähne finden, da zeigen diese selbst wieder in Form und Größe vielfache und für die einzelnen Thierclassen so charakteristische Verschiedenheiten, daß nach einem einzelnen Zahn oft sein früherer Träger bestimmt werden kann. Dort sollen die Zähne dem Raubthiere zum scharfen Biß, zum Zerreißen und Zermalmen der Beute dienen, und welch mächtige Waffen in dieser Beziehung die Eck- oder Reißzähne, so wie die Höcker- oder

Fig. 169. *)

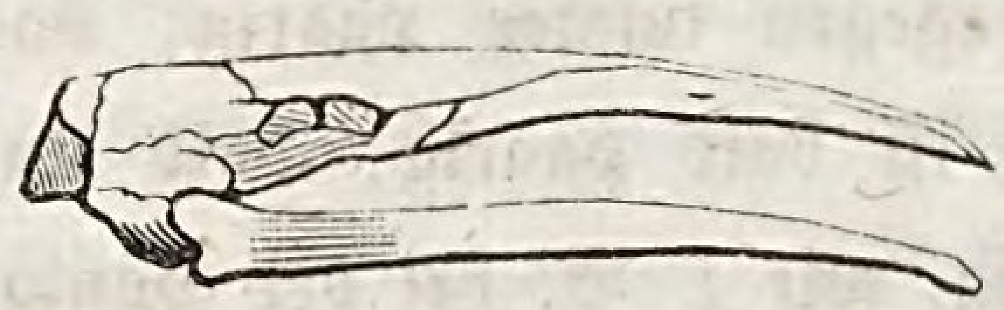
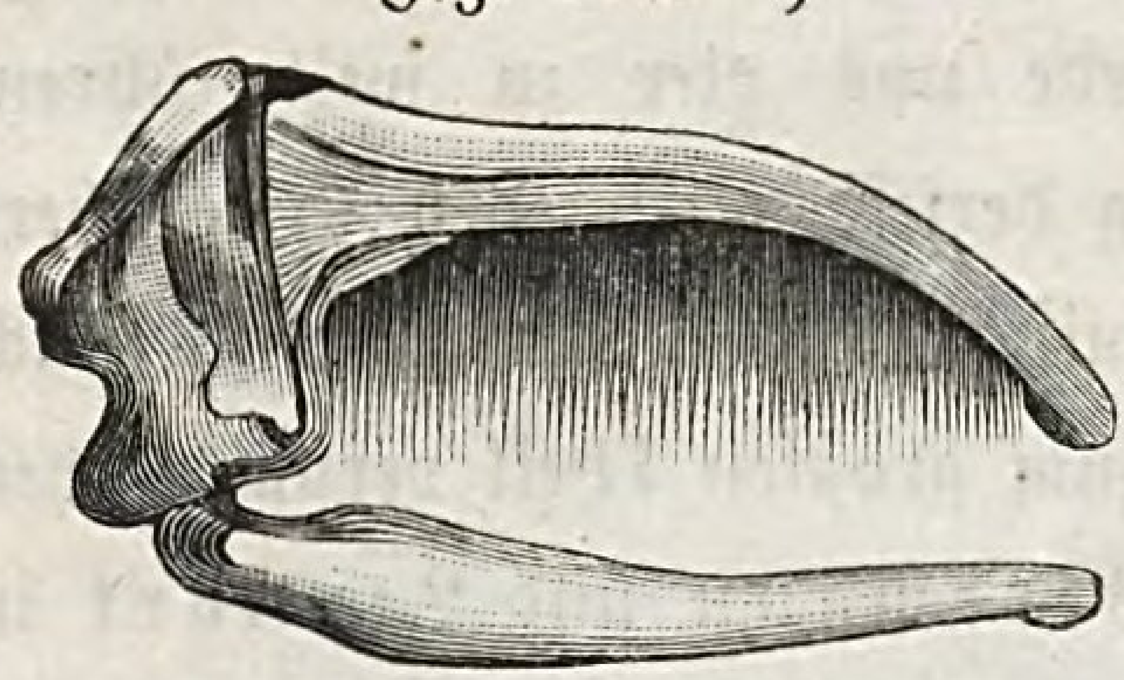


Fig. 170. **)



*) Zahnloser Schädel des Ameisenbären. (Bergmann und Leuckart a. a. O. S 64.)

**) Walfischschädel. (Bergmann und Leuckart a. a O. S. 65.)

Mahlzähne der Fleischfresser bilden, ist Jedem bekannt (Fig. 171). Dort wieder sollen die Zähne, wie bei den Wiederkäuern, zum Abraufen von Halm und Blatt und zum Zermalmen und Zerreiben des Abgerauften benutzt werden; vergebens suchen wir hier nach jenen großen Eck- und Reißzähnen; ein schneidezahnloser Oberkiefer, ein mit Schneidezähnen versehener Unterkiefer und breitflächige, mit ihren Zacken ineinander greifende Mahlzähne treten uns dagegen entgegen. Bald wieder

Fig. 171.*)

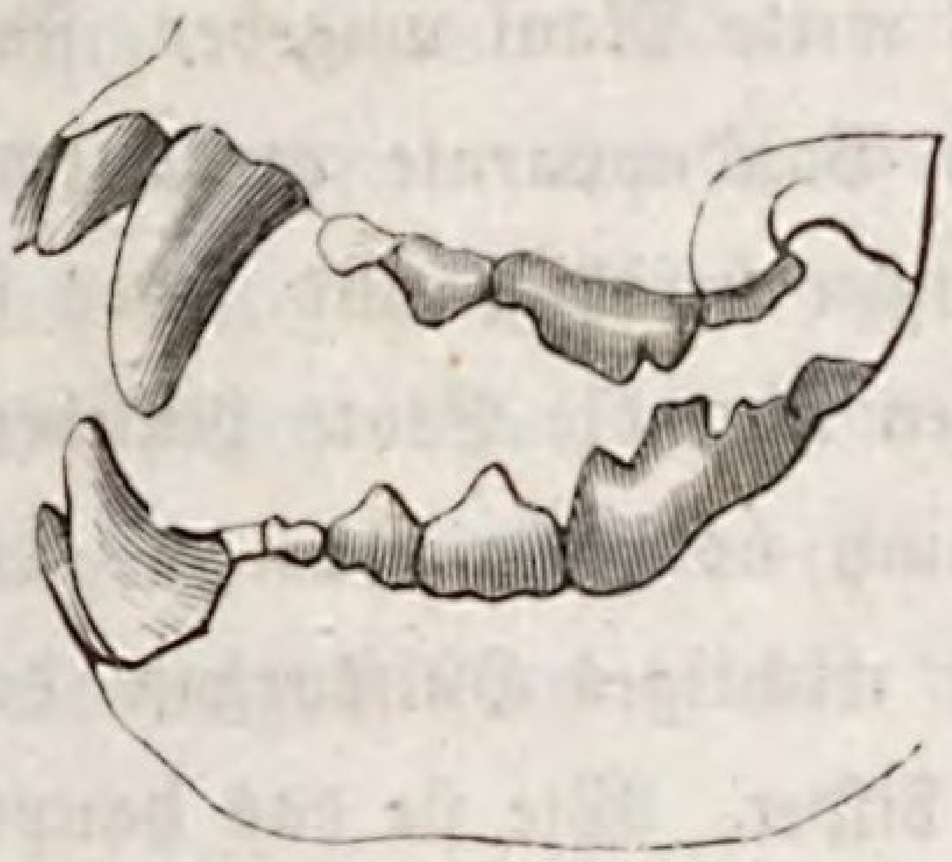
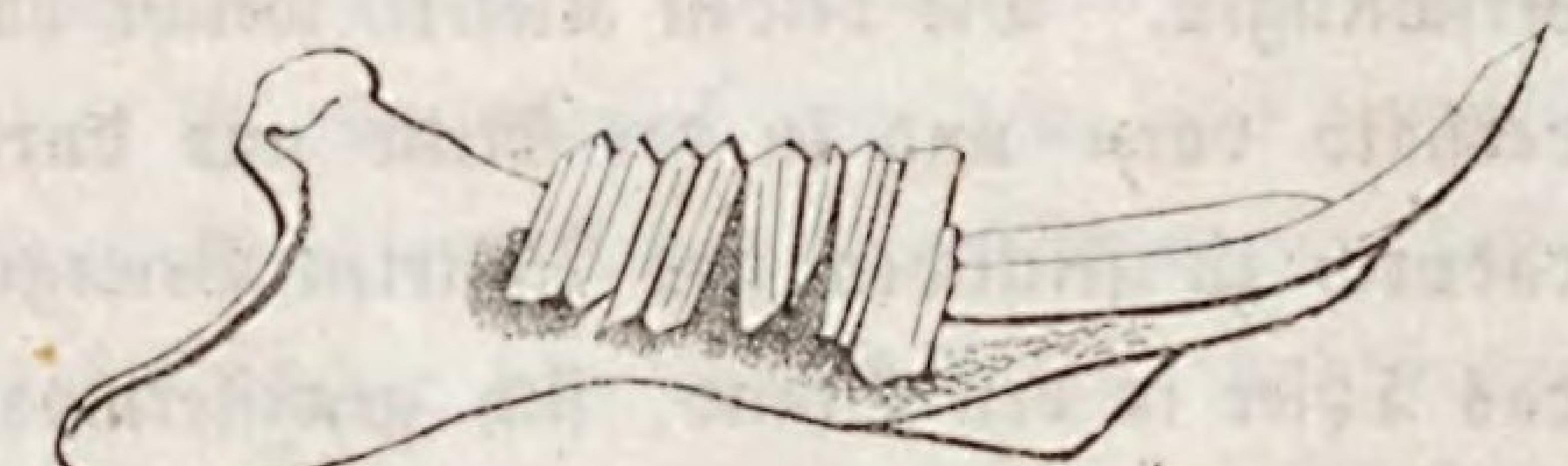


Fig. 172.**)



sollen auch härtliche Substanzen zernagt werden, und anders wieder sind deshalb die Zähne bei den Nagern, deren Nagezähne insonderheit durch ihre langen, nach hinten zu im Kiefer verlaufenden Wurzeln ausgezeichnet sind, gestaltet (Fig. 172). Eine wieder andere Form findet sich bei der Mehrzahl der fleischfressenden Reptilien und Fische; hier sollen die Zähne mehr zum Erfassen und Festhalten der Beute dienen, als zum Kauen, und ganz dem entsprechend besitzen sie meistens eine pfriemen- oder nadelförmige oder gezackte Form. Besonders eigenthümlich sind noch die Giftzähne der Schlangen. Der ganzen Länge nach sind sie von einem Canale durchbohrt, und in diesen hinein und aus ihm hervor tritt die in eigenen Drüsen bereitete giftige Flüssigkeit. Aber nicht nur die Zähne, auch die Bewegungsapparate der Kiefer und die Kiefer selbst sind sehr verschiedenartig geformt und entwickelt. Der Biß des Raubthieres wird durch die kräf-

---

*) Zähne eines Fleischfressers. (Bergmann und Leuckart a. a. O. S. 62.)

**) Unterkiefer eines Nagethieres. (Bergmann und Leuckart a. a. O. S. 66.)

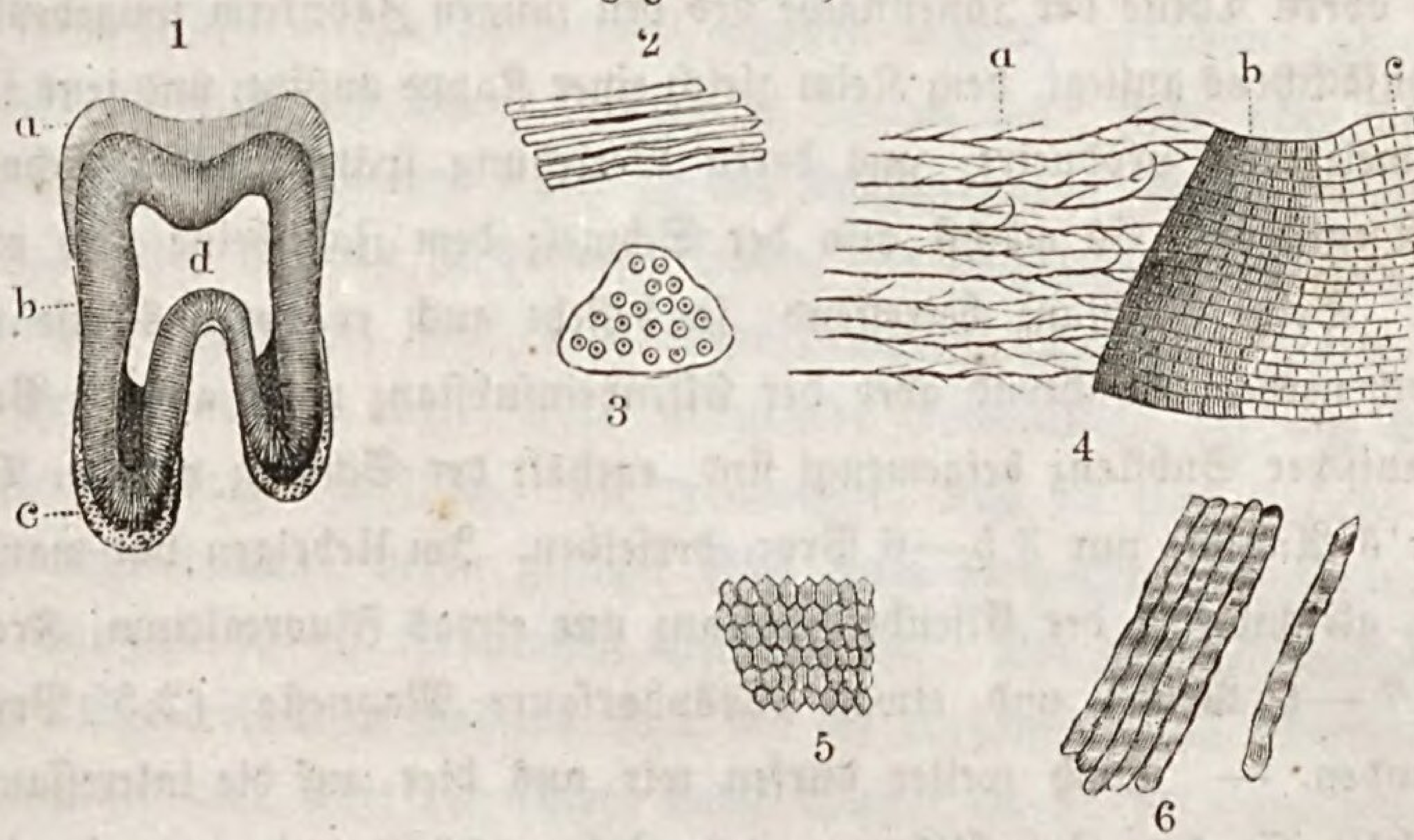
tige Entwicklung seiner Kaumuskeln, die Kürze seiner Kiefer, die Beweglichkeit derselben in nur einer Richtung unterstützt; das Zermahlen der Nahrungsmittel bei den Wiederkäuern erforderte dagegen auch eine Bewegung der untern Kinnlade in der Querrichtung, wie sie durch die flachen Kiefergelenkflächen derselben ermöglicht ist; bei den Schlangen wieder finden sich ganz besondere Vorrichtungen. Bei diesen mit so geringerBewegungsfähigkeit begabten Thieren sollte die Möglichkeit gegeben werden, möglichst große Massen von Nahrungsmitteln auf einmal zu verschlingen. Die beiden Kiefer, welche das weite Maul umgeben, sind deshalb vorn und in der Mitte nur durch Bandapparate verbunden, dadurch zu seitlichen und isolirten Bewegungen befähigt und setzen so das Thier in den Stand, sich gewissermaaßen über die Beute hinüberzuziehen. — Erwähnen wir hier endlich auch noch der Zunge, die für die Mehrzahl der Wirbelthiere ein so wichtiges Hülfsorgan der Kau- und Greifapparate der Nahrungsmittel bildet. Wie sie das hauptsächlich den Geschmack vermittelnde Organ ist, wie sie durch ihr feines Tastgefühl Schutz gegen die Aufnahme schädlicher oder fremdartiger Substanzen darbietet, wurde schon früher erwähnt. Aber vermöge ihrer Bewegungsfähigkeit und Muskelkraft dient sie zugleich zur Bildung und Fortbewegung des Bissens, zum Zerdrücken mancher Nahrungsmittel, zur Aufnahme der Nahrung, zum Saugen, ja selbst zum Einfangen der Nahrungsmittel, wie z. B. beim Ameisenbär und einigen Amphibien. Rasch wird sie von den letztern, wie namentlich vom Chamäleon, hervorgeworfen, um der sich darbietenden Beute habhaft zu werden und diese dem Munde zuzuführen. Bei einigen Fischen hat die Zunge noch eine weitere Bedeutung. Sie ist hier mit Zähnen besetzt und wird damit zum Werkzeuge des Angriffs und der Verwundung. Bei den meisten Fischen und einigen Reptilien vermissen wir sie dagegen ganz.

Wir erwähnten der mannigfach verschiedenen Zahnformen bei den verschiedenen Wirbelthieren. Woraus aber besteht ein Zahn? Wie ist er gebaut? Was ist jener Schmelz, der jahrelang täglichen Angriffen ausgesetzt, doch unverändert seinen Glanz bewahrt? Lassen wir nicht unberücksichtigt, was uns auch in dieser Beziehung das Mikroscop, und insonderheit wieder die trefflichen Forschungen Kölliker's er-

geben haben. Doch nur in aller Kürze einige Worte über den Zahn des Menschen.

Die Hauptmasse des menschlichen Zahnes besteht aus der sog. Zahnbein- oder Elfenbeinsubstanz. Es ist diese Substanz vorzugsweise aus phosphorsaurem Kalk und circa 25 Proc. organischem, leimgebendem Stoff zusammengesetzt, schichtenartig zusammengefügt, von einer zahllosen Menge zartester, geschlängelter und mannigfach verzweigter Canälchen durchzogen und im Innern mit einer größeren Höhlung versehen. Man unterscheidet an ihr einen Kronen- und einen Wurzeltheil. Der Kronentheil ist aber überall von dem aus meistens sechsseitigen Prismen zusammengesetzten Schmelz überzogen, dessen Oberfläche beim gesunden Zahn wieder von dem fest mit ihr verbundenen, nur durch chemische Hülfsmittel, wie Salzsäure, ablösbaren Schmelzhäutchen bedeckt ist (Fig. 173). Der Wurzeltheil ist dagegen

Fig. 173. *)



von dem sog. Cement umgeben, einer Substanz, die sich mehr oder

*) 1 Durchschnitt durch einen Backzahn des Menschen. a Schmelz. b Elfenbein. c Cement. d Höhle für die Zahnpulpa. 2 Circa 300mal vergrößert. Zahncanälchen im Elfenbein. 3 Dieselben im Querdurchschnitt. — 4 a Zahncanälchen des Elfenbeins unterhalb des Schmelzes, b deren Fortsetzung in den Schmelz hinein. c Schmelzfasern. — 5 Schmelzfasern im Querdurchschnitt. 6 Isolirte Schmelzfasern der Länge nach. (Sämmtliche Zeichnungen nach Kölliker: Mikroscop. Anatom.)

weniger gleich der Knochensubstanz anderer Knochen verhält, stark verzweigte Knochenhöhlen und (freilich nicht überall) auch die bekannten Haversi'schen Canäle zur Aufnahme von Blutgefäßen besitzt, und in fast unmittelbarer Verbindung mit der Knochenhaut (Periost) der Zahnhöhle steht, von welcher aus die Blutgefäße und Nerven in den Zahn eindringen. Der Träger dieser Blutgefäße und Nerven ist der aus einem zarten weichen Gewebe bestehende Zahnkeim oder die Zahnpulpa. Es erhebt sich diese vom Grunde der Zahnhöhle aus, dringt durch die Wurzeln in die innere, von der Elfenbeinsubstanz umgebene Höhlung des Zahnes ein, füllt dieselbe aus, und trägt dort nun sowohl für die Entwicklung und Verdickung der Elfenbeinsubstanz durch Neubildung von Zellen Sorge, als sie andrerseits auch das eigenthümliche Empfindungsvermögen der Zähne vermittelt. Der Schmelz bildet sich jedoch nicht von ihr aus. Er entwickelt sich vielmehr schon frühzeitig aus einem besondern, schwammigen Gebilde, dem sog. Schmelzorgan, welches dem obern Theile der Innenfläche des den jungen Zahnkeim umgebenden Zahnsäckchens anliegt, dem Keim gleich einer Kappe aufsitzt, und jene sog. Schmelzzellen producirt, aus deren Verirdung späterhin der Schmelz selbst entsteht. Es wächst also der Schmelz dem Zahnbeine von oben auf. Seine Substanz betreffend, so besteht auch er vorzugsweise aus Knochenerde. Während aber der Elfenbeinsubstanz mehr als 20 Proc. organischer Substanz beigemengt sind, enthält der Schmelz nach v. Bibra's Analyse nur 3,5—6 Proc. derselben. Im Uebrigen hat man in ihm, gleichwie in der Elfenbeinsubstanz nur etwas Fluorcalcium, Kreide (c. 7—8 Proc.) und etwas phosphorsaure Magnesia (2,5 Proc.) gefunden. — Doch weiter dürfen wir uns hier auf die interessanten Verhältnisse der Zahnbildung, des Zahnwechsels und der einzelnen Zahnsubstanzen nicht einlassen. Nur daß sich die Zähne der übrigen Wirbelthiere nicht alle in gleicher Weise verhalten, sei noch flüchtig erwähnt; wie denn z. B. den Fischen, und auch manchen Amphibien und Säugethieren, der ächte Schmelz fehlt, während sich bei den meisten Säugethieren, wie auch bei den Eidechsen unter den Amphibien ähnliche Verhältnisse finden, wie beim Menschen. —

So also werden die Nahrungsmittel mittelst der mannigfaltig gestalteten Greif- und Kauwerkzeuge der Thiere aufgenommen und zer-

kleinert. Allein während derselben Zeit, wo sie diese Zerkleinerung erfahren, geht schon eine zweite Veränderung mit ihnen vor, und zwar ist es die Einspeichelung, welche nicht nur für ihre theilweise Auflösung, sondern in auffallender Weise auch für ihre erste und theilweise chemische Metamorphose Sorge trägt. Es wird die Mundflüssigkeit, welche wir Speichel nennen, einerseits von größern, besondern Organen, den zur Seite des Schlundes oder der Zunge gelegenen, sog. Mundspeicheldrüsen, zum Theil aber auch von den überall in die Mundschleimhaut eingebetteten traubigen Schleimdrüschen abgesondert, und fast bei allen Thieren, von denen die Nahrung zerkaut und nach der Käuung verschluckt wird, finden sich diese Drüsen vor. Den kopflosen Weichthieren fehlen sie; bei den Schnecken und Kopffüßlern treten sie dagegen durchweg als zur Seite der Speiseröhre liegende Gebilde auf. Bei den Würmern ist der Speise- und Darmkanal allerdings mit verschiedenartig gestalteten drüsigen Anhängen, deren Absonderungssäfte in den Darmcanal ergossen werden, versehen; ob man sie aber wirklich als Speicheldrüsen zu deuten hat, steht noch dahin. Unter den Gliederthieren fehlen sie den Krustenthieren; bei den Spinnen und Insekten kommen sie dagegen wieder fast allgemein und in den verschiedensten Formen, mit ihren Ausführungsgängen dicht hinter den Kiefern mündend, vor. Ihre bedeutende Entwicklung bei den Halbflüglern (Wanzen u. s. w.) läßt vermuthen, daß sie hier zugleich als Giftdrüsen dienen, deren giftiger Saft einen vermehrten Blutdrang zu der Saugwunde zu veranlassen bestimmt ist. Bei den Wirbelthieren fehlen Speicheldrüsen meistens dort, wo die Nahrung unter Wasser eingenommen wird, oder die Thiere unter Wasser leben; so vermissen wir sie durchweg bei den Fischen, und den nackten und vielen beschuppten Amphibien fehlen sie ebenfalls. Die Vögel besitzen aber in der Regel vier Paare, und unter den Säugethieren kommen, außer bei den Walen, drei Paare vor, von denen in der Regel, wie beim Menschen, das eine Paar unter der Zunge, das zweite seitlich unter dem Unterkiefer, und das dritte unterhalb des Ohres, hinter dem Winkel der untern Kinnlade, gelegen ist. — Der Speichel hat nun, wie angedeutet, insonderheit die Aufgabe, die eingeführte Nahrung einzuweichen und aufzulösen, und den Bissen für das Hinabgleiten in die Speiseröhre schlüpfrig

zu machen. Zu diesem Zweck bildet er eine sehr wasserreiche (97—99,5 Proc. Wasser haltige) Flüssigkeit, und wenn wir eben erwähnten, daß den unter Wasser fressenden und lebenden Thieren die Speicheldrüsen fast allgemein fehlen, so erklärt es sich jetzt leicht, weshalb sie derselben nicht bedurften. Ueber die täglich abgesonderte Menge dieses Wassers weiß man aus leicht begreiflichen Gründen nur bei wenigen Thieren etwas Genaueres. Aus den bisher insonderheit bei Hunden angestellten Untersuchungen ergiebt sich aber, daß sie, bei Säugethieren wenigstens, sehr beträchtlich ist, und bei einem Menschen von etwa 130 Pfund Körpergewicht muß sie sich nach Bidder's mäßiger Berechnung täglich auf wenigstens 3 Pfund belaufen. Doch die Aufgabe des Speichels ist damit nicht erschöpft. Seiner physikalischen Bedeutung steht eine sehr wesentliche chemische zur Seite, und diese beruht auf der eigenthümlichen Einwirkung, die er auf einen sehr wesentlichen Bestandtheil der Nahrungsmittel, auf das Stärkmehl, ausübt. In Berührung mit dem Speichel wird das Stärkmehl augenblicklich in Traubenzucker verwandelt, und daß diese Metamorphose für die weiteren Schicksale des Stärkmehls von nicht geringer Bedeutung ist, unterliegt kaum einem Zweifel. — Daß es sich hier um eine ähnliche chemische Umwandlung handelt, wie wir sie bei den Gährungsvorgängen eintreten sehen und bereits früher (Bd. I. S. 44) geschildert haben, liegt außer Frage. Wenn wir aber wissen, daß diese Vorgänge immer durch die Gegenwart gewisser stickstoffhaltiger Stoffe, sog. Fermente, bei geeigneter Temperatur u. s. w. bedingt werden, wenn wir ferner wissen, daß der Speichel in seinem Wasser auch stickstoffhaltige Substanzen, unter denen, außer dem Schleim und den abgestoßenen Epithelialzellen der Mundschleimhaut, insonderheit der sog. Speichelstoff (Ptyalin) zu nennen ist, so dürfen wir kaum anstehen, in diesen Substanzen auch hier das auf das Stärkmehl so intensiv wirkende Ferment zu erblicken. Es spielen chemische Metamorphosen dieser Art bei der Verdauung sowohl, als den spätern Veränderungen der Nahrungsmittel im Thierkörper eine sehr bedeutende Rolle, und wie wichtig die genaue Kenntniß der dabei in Frage stehenden, von der Chemie näher zu erörternden Verhältnisse ist, wird uns hier nur zu klar. Außer dem Wasser und den bezeichneten stickstoffhaltigen Substanzen enthält der Speichel endlich noch eine

geringe Menge von Salzen, von denen wir als die wesentlichsten das Chlorkalium, Chlornatrium, das phosphorsaure Natron und das sonst nirgends im Körper gefundene und deshalb so bemerkenswerthe Rhodankalium (Schwefelcyankalium) *) erwähnen wollen. Die Leistung dieser unorganischen Bestandtheile weiß man noch nicht zu veranschlagen. Sicher darf dieselbe aber nicht, wie es meistens geschieht, gänzlich übersehen werden; denn es ist kaum die Vermuthung zurückzudrängen, daß, falls diesen oder jenen Nahrungsstoffen diese oder jene für die Verwendung derselben zur Gewebsbildung so wesentlichen unorganischen Bestandtheile gänzlich oder zum Theil fehlen, der Speichel mit seinem Vorrath an ihnen hülfreiche Hand leistet, und in Betreff des Rhodankalium ist es nicht ganz unwahrscheinlich, daß es eine besondere Bedeutung für den Eisengehalt der Nahrungsmittel besitzt, eine Bedeutung, über welche wir uns zur Zeit jedoch jeder weiterer Vermuthungen enthalten müssen.

Die Nahrungsmittel sind jetzt zerkleinert, eingeweicht, zum Theil chemisch verändert. Um weitere Metamorphosen zu erfahren, um weiter aufgelöst und chemisch der Art verändert zu werden, daß sie als nährender Saft von den Zellen des Thierkörpers aufgenommen oder überhaupt zu seiner Ernährung verwandt werden können, werden sie nunmehr mit Hülfe muskulöser Apparate in das Darmrohr weiter befördert. Welche Mannigfaltigkeit im Bau der einzelnen Abschnitte dieses Rohres tritt uns aber auch hier wieder entgegen! Dort, dem Mangel einer Mundöffnung entsprechend, gar kein Darmkanal, dort ein Canal, der als offenes Rohr in die Leibeshöhle hineinragt, dort eine kaum angedeutete Erweiterung des Darmrohres zu einem Magen, dort wieder ein vier- oder zweigetheilter, die Versäumnisse der Kauapparate nachholender Magen. Entwerfen wir uns zunächst auch von diesen verschiedenartigen Vorrichtungen bei den verschiedenen Thierclassen ein flüchtiges Bild.

---

*) Das Schwefelcyankalium besteht aus Schwefel, Cyan, d. i. eine Verbindung von Kohlenstoff und Stickstoff, die in Verbindung mit Wasserstoff die bekannte Cyanwasserstoff- oder Blausäure bildet, und aus Kalium. —

Vor noch nicht langer Zeit war man, gestützt auf die unerreichten Forschungen Ehrenberg's, der Ansicht, daß alle Thiere und auch die niedersten Infusorien, mit einem gesonderten Verdauungsapparate, mit den Darmcanal höherer Thiere vertretenden sog. Magenblasen versehen seien. Gab man diesen Thieren gefärbte Nahrung, so fand man dieselbe später in rundlichen Haufen innerhalb der Leibeshöhle wieder, und was man im nüchternen Thiere als blasige Höhlung zu erkennen glaubte, erhielt damit die Bedeutung eines Magens. Allein mehr und mehr ist man von dieser Ansicht zurückgekommen. Man ist zu der Ueberzeugung gelangt, daß, was Ehrenberg bei vielen dieser Thiere für „Magenblasen" ansah, keine von besondern Wänden umgebene Blasen seien, sondern vielmehr Hohlräume in der Körpersubstanz oder auch nach Einnahme der Nahrung um kleinere Massen derselben sich bildende Säckchen, die aber mit den Massen selbst wieder verschwinden. Von andern niedersten Thieren, den unbeschaalten Rhizopoden, weiß man wieder, daß sie andere Thierchen, namentlich kleinere Infusorien, in ihre zäh-schleimige Körpersubstanz gleichsam hineinziehen, die zur eigenen Ernährung verwendbaren Bestandtheile derselben sich aneignen, und das Unbrauchbare später wieder ausscheiden. Doch die Zahl dieser jeder Anlage eines Darmcanals entbehrenden Thiere ist immer nur gering, und selbst wieder von vielen Infusorien, bei denen sich auch eine Mundöffnung findet, ist es bekannt, daß sie ein zartes, dünnes Darmrohr besitzen. Es durchzieht dieses dann aber den Körper nicht, wie bei den höhern Thieren, in der Form eines geschlossenen Rohres, es ragt vielmehr offen in die Leibeshöhle hinein, überliefert derselben die genossenen Nahrungsmittel, und ist andrerseits zur Entfernung der unbrauchbaren Reste aus dem Körper behülflich. Ganz ähnlich verhält es sich bei vielen Polypen und Quallen. Ein kurzes sog. Magenrohr führt auch bei diesen vom Munde aus in die Leibeshöhle hinein, um ihr die Nahrung zu überliefern. Bei andern fehlt dagegen auch das Darmrohr, und die Speisen gelangen direct vom Munde aus in die Leibeshöhle. Diese selbst erlangt bei den hierhergehörigen Thierformen aber meistens schon einen höhern Grad der Entwicklung, indem ihre innere Wand mit zur Bewegung des Nahrungssaftes dienenden Flimmern besetzt ist, oder, wie bei den höhern Formen (z. B. Actinia) durch

Scheidewände in einzelne, bald sackförmig, bald auch gefäßartig ausgezogene Abtheilungen geschieden ist. Bei den zu Polypenstöcken vereinigten Polypen dringt die Nahrung von einem Thiere in die Leibeshöhle des andern, alle Thiere stehen unter sich in Communication, und, wie schon früher erwähnt wurde, was das eine Thier genießt, kommt den übrigen mit zu Gute.

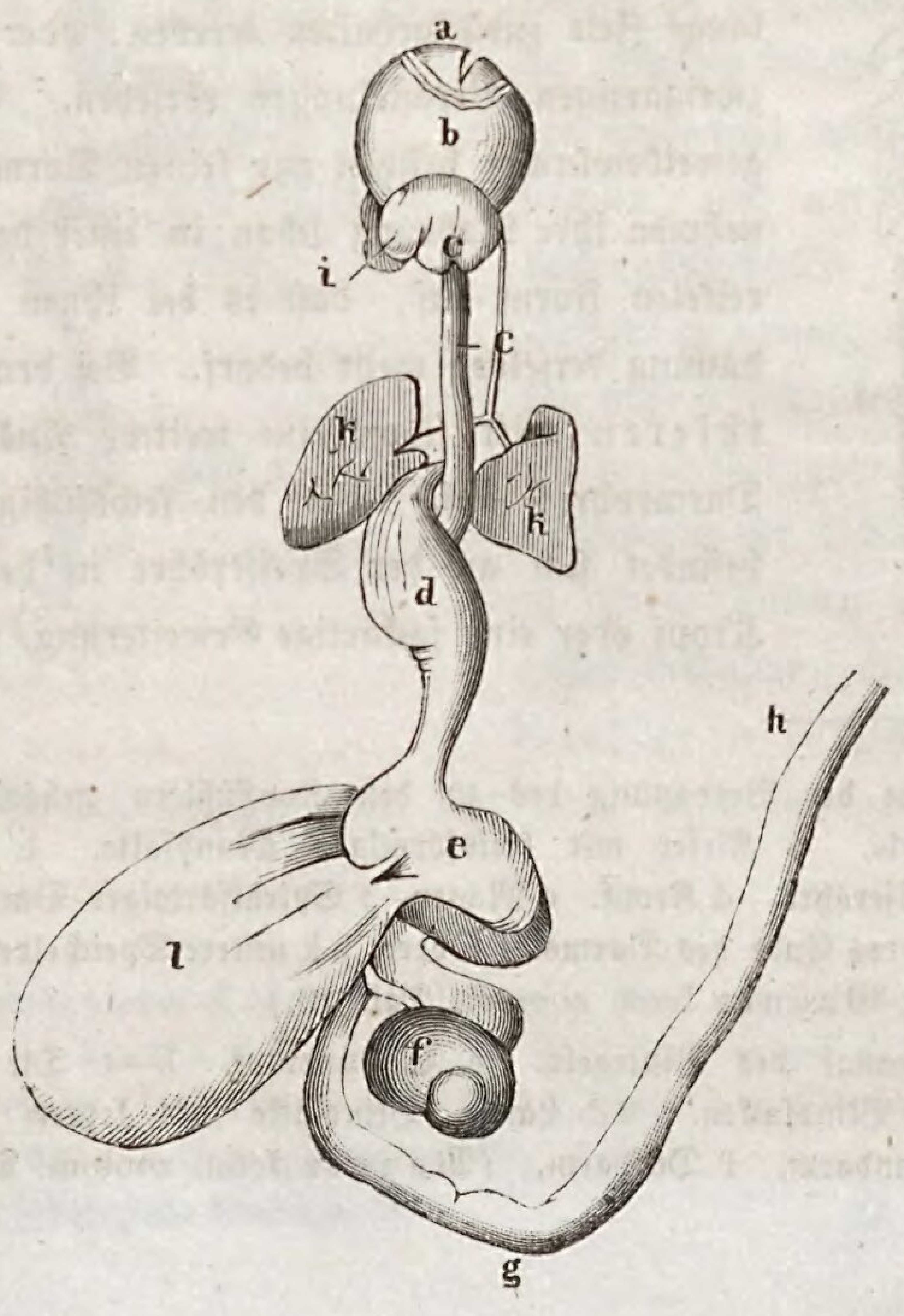
Weiter in der Thierreihe hinauf sondert sich der Verdauungsapparat mehr und mehr als eine abgeschlossene Höhle von den übrigen Organen und insonderheit von den Circulationsapparaten ab. Jener behält dann die Bestimmung, die Nahrungsmittel vorzubereiten, zur Ernährung des Körpers geschickt zu machen, dieser dagegen ist bestimmt, den vorbereiteten und verflüssigten Stoff, direct oder mit Hülfe der den Darmcanal innen auskleidenden Zellen, nach endosmotischen Gesetzen aufzusaugen, und nun in alle Theile des Organismus zu verbreiten. Es lassen sich dabei in der größern Mehrzahl der Fälle drei abgesonderte Abschnitte des Darmrohres unterscheiden: die Speiseröhre, der Magen und der eigentliche Darmkanal, und fragen wir nach dem Bau der Wandungen derselben, so verhält es sich auch damit mehr oder weniger überall in gleicher Weise. Eine glatte, aus zartem Gewebe bestehende, sog. seröse Haut, die sich bei den Wirbelthieren und einigen Strahlthieren meistens band- oder flächenartig als sog. Gekröse bis zur vordern Wand der Wirbelsäule fortsetzt und an dieser befestigt ist, umgiebt den Darm an seiner Außenfläche und sorgt für die so nothwendige Schlüpfrigkeit derselben; eine aus längs und quer verlaufenden Muskelfasern bestehende zweite Haut liegt unter dieser und trägt für die mannigfachen Bewegungen des Darmcanals, bei manchen Thieren aber auch, vermöge ihrer kräftigen Entwicklung in Magen und Speiseröhre, für die noch nicht erfolgte Zerkleinerung der Nahrungsmittel Sorge; eine dritte Haut endlich, die sog. Schleimhaut, kleidet die Innenwand des Canals aus, und sie eben ist es, die mit den in ihr gebetteten Drüsen und ihren vielfachen Falten, Zotten und Blutgefäßen einerseits gewissen chemischen Metamorphosen der Nahrungsmittel dient, andrerseits aber das Aufnahmeorgan des zur Körpernährung verwendbaren, zubereiteten Nahrungssaftes bildet. Insonderheit sind es, und zwar bei den höhern Thierformen, die kleinen Zotten der Schleimhaut

in den obern Theilen des Darmcanals, die, wie die Wurzelfäserchen der Pflanze aus dem mit Nahrungsstoffen geschwängerten Erdboden, so aus dem Inhalt des Darmcanals dasjenige aufsaugen, was nicht direct in das sie umgebende reiche und zartwandige Netz von Blutgefäßen übertritt. Mit derselben Gesetzmäßigkeit, die wir bei der Wurzelzelle der Pflanze bewunderten, dringt der für das Thier in jedem Falle erforderliche Nahrungssaft in diese Zotten und zunächst in die dieselben bekleidende Schicht sog. Epithelialzellen ein, um so endlich in die in den Zotten selbst gelegenen Blut= und Nahrungssaft= oder Chylusgefäße (s. u.) zu gelangen, und in ihnen seine weitere Bahn zu verfolgen. So wurzelt also das Thier gleichsam in seinem Darmcanal, gleichwie in einem transportabeln Boden, den es ständig mit sich führt und nach eignem Bedürfniß mit Nahrungsstoffen erfüllt, aus dem aber Bewegungsorgane, Sinnesorgane und Nervensystem, gleich den Blättern und Blüthen und Früchten der Pflanze, mit Hülfe des vermittelnden Gefäßsystemes hervorgehen. Was nun aber der Darmcanal bei den Tausenden verschiedener Thierformen an Verschiedenheit in Weite und Länge, in Ausbildung seiner einzelnen Abschnitte u. s. w. darbietet, das richtet sich wieder nach dem jedesmaligen Nahrungsbedürfniß, so wie nach den Verhältnissen der Nahrungsmittel selbst und des gesammten Körperbaues. Dort sollten nur Vegetabilien zur Nahrung dienen, und dem größern, zur Befriedigung des Nahrungsbedürfnisses erforderlichen Maaße derselben mußte ein weiter oder langer Darmcanal entsprechen; bei den Pflanzenfressern finden wir deshalb auch durchschnittlich eine größere Flächenausbreitung der Darmschleimhaut, als bei den Fleischfressern. Dort wieder sollte in dem Darmrohr diejenige Zerkleinerung der Nahrungsmittel ausgeführt werden, die die Kauapparate des Mundes aus diesen oder jenen Gründen nicht vollziehen konnten, und es mußten deshalb hie und da Magen oder Speiseröhre mit kräftigen Wandungen oder mit zahnartigen Vorrichtungen versehen werden. Dort wieder mußte eine große Darmfläche zur Aufnahme der erforderlichen Nahrungsmenge gegeben sein, aber der Raum der Leibeshöhle genügte nicht für die Aufnahme eines langen oder weiten Darmrohrs; neben vielfachen Windungen des letztern sehen wir deshalb hier, wie beim Menschen, die Innenfläche der Darmschleimhaut durch zahlreiche Falten vergrößert.

Gehen wir, um uns von diesen Verhältnissen etwas näher zu unterrichten, die Formverhältnisse des Darmrohres bei den einzelnen Thierclassen nur in Kürze durch. —

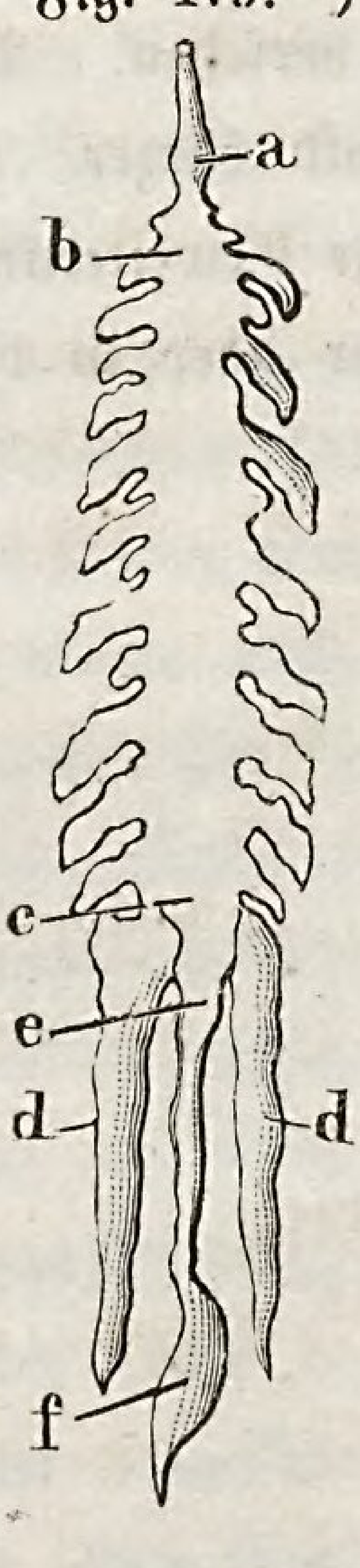
Ein gegen die übrigen Körperorgane abgeschlossenes Darmsystem tritt uns zuerst bei den höhern Classen der Strahlthiere entgegen. Es verläuft das Darmrohr bei ihnen entweder gerade ausgestreckt von vorn nach hinten, oder, der Kürze der Längsachse des Körpers angemessen, wie z. B. bei den Seesternen und Seeigeln, in vielfachen Windungen. Ein Magen findet sich noch nicht überall. Wo er aber vorhanden ist, bildet er meistens eine einfache Erweiterung des Darmrohres, und nur da, wo eine größere Schleimhautfläche für die Verdauung und Aufsaugung der Nahrungsmittel nothwendig war, ist er noch mit blindsackförmigen Ausstülpungen, oft zehn an der Zahl, versehen. Bei den Weichthieren ist die Speiseröhre bald länger, bald kürzer; im ersteren Falle besitzt sie dabei nicht selten eine kropfartige Erweiterung. Ein Magen findet sich überall (Fig. 174). Während er aber in den

Fig. 174 (s. *) a. f. S.).



meisten Fällen wieder nur eine einfache Ausbuchtung des Darmrohrs bildet, findet sich in andern und vielen Fällen, vergleichbar der Einrichtung bei den Vögeln, ein doppelter Magen und zwar ein Muskel- und ein eigentlicher Verdauungs-, ein sog. Laabmagen. Der erstere derselben dient vermöge seiner kräftigen Muskulatur und der oftmaligen noch außerdem vorhandenen innern Bekleidung mit derben, hornartigen Plättchen oder Zähnchen (so bei den Nachtschnecken) nur zur Zerkleinerung der aufgenommenen Nahrungsmittel, während in dem zweiten erst die eigentliche Verdauung vor sich geht. Von den Würmern wurde schon erwähnt, daß ihr Schlundkopf meistens stark entwickelt und mit verschiedenartig gestalteten Kauwerkzeugen versehen ist. Der Schlundkopf setzt sich aber fast überall, ohne daß ein gesonderter Magen vorhanden wäre, in das Darmrohr fort, und zur Vergrößerung seiner absondernden und aufsaugenden Fläche ist dieses dann oftmals mit blindsackförmigen Ausbuchtungen, in denen, wie beim Blutegel (Fig. 175), die Nahrungsmittel oft lange Zeit zurückgehalten werden, oder mit baumzweigartigen Verästelungen versehen. Einige Eingeweidewürmer besitzen gar keinen Darmcanal. Sie nehmen ihre Nahrung schon in einer der Art zubereiteten Form auf, daß es bei ihnen keiner Verdauung derselben mehr bedarf. Bei den Gliederthieren tritt schon eine weitere Ausbildung des Darmrohres auf. Bei den sechsfüßigen Insekten befindet sich an der Speiseröhre in der Regel ein Kropf oder eine sackartige Erweiterung, die zur Auf-

Fig. 175.**)



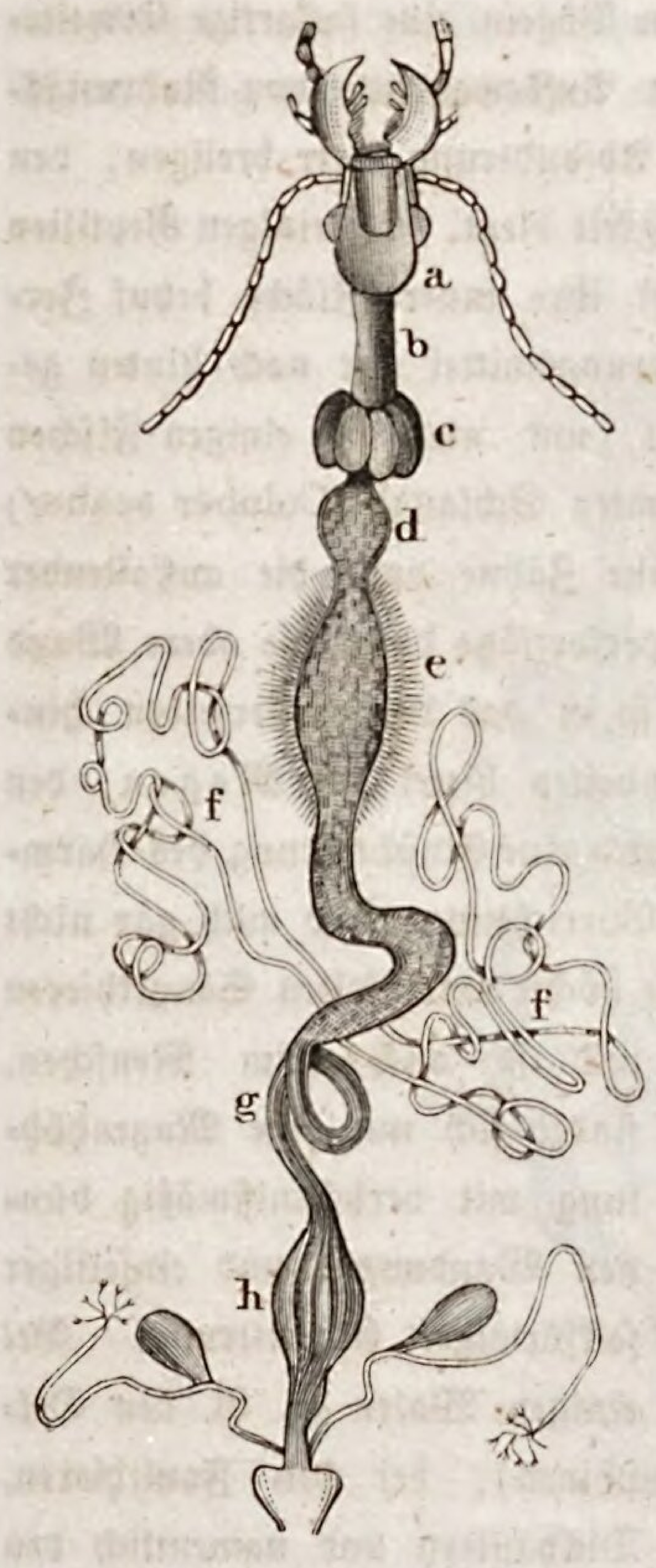
---

*) Organe der Verdauung des zu den Kopffüßlern gehörigen Octopus vulgaris. a Kiefer mit kreisförmiger Mundfalte. b Schlundkopf. c Speiseröhre. d Kropf. e Magen. f Spiralförmiger Darm. g Darm. h Unteres Ende des Darms. i Obere, kk untere Speicheldrüsen. l Leber. (Nach Wagner Icon. zootom. Taf. 29.)

**) Darmcanal des Blutegels. a Schlundkopf. b—c Die Magen mit ihren Blindsäcken. dd Lange Blindsäcke des letzten Magensackes. e Dünndarm. f Dickdarm. (Wagner Icon. zootom. Taf. 27.)

nahme einer größern Menge von Nahrung befähigt, als zur Zeit verdaut werden kann. Nicht minder selten findet sich auch, ähnlich wie bei den Mollusken, zwischen Speiseröhre und Verdauungsmagen wieder ein Kaumagen (Fig. 176 d), dessen innere Bekleidung, in Leisten, Zähnen oder Borsten bestehend, für die mechanische Zerkleinerung der Nahrungsmittel sorgt. Der eigentliche Verdauungsmagen bildet dann aber den wesentlichsten Theil des Darmrohres, in so fern er nicht nur für die Verdauung der Nahrungsmittel, sondern auch gleichzeitig für deren Aufsaugung bestimmt ist, so daß er also die Functionen des Magens und Dünndarms der Wirbelthiere in sich vereinigt. Um seine Fläche wieder zu vergrößern, besitzt er bei manchen Gliederthieren (z. B. den Spinnen) sackartige Ausstülpungen, und um die die Verdauungsflüssigkeit absondernden Gebilde zu vermehren, finden sich bei andern (Raubkäfern, Ameisen u. s. w.) zottenartige Ausstülpungen der Schleimhaut, die in ihrem Innern nur Drüsenzellen enthalten. Bei den Wirbelthieren endlich lassen sich am Darmrohr fast durchgehends vier mehr oder weniger scharf ge-

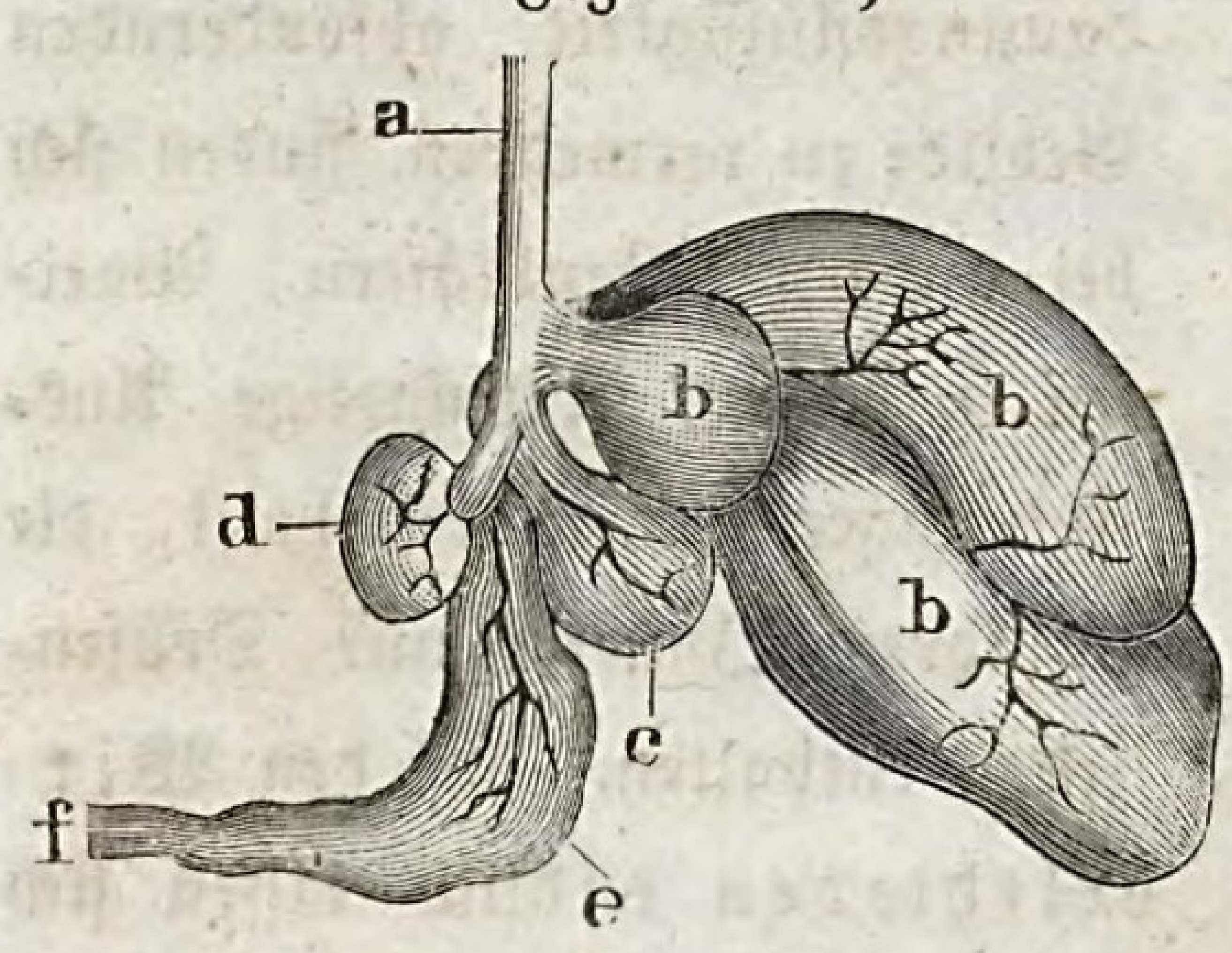
Fig. 176.*)



*) Verdauungsapparat eines Raubkäfers. a Kopf mit Anhängen. b Speiseröhre. c Kropf. d Kaumagen. e Chylusmagen mit Zotten. f Harnabsondernde (sog. Malpighi'sche) Organe. g Dünndarm. (Nach Carpenter's Gen. physiolog. Fig. 199.)

trennte Abschnitte unterscheiden: die Speiseröhre, der Magen, der Dünndarm und der Dickdarm. Die Form dieser einzelnen Abschnitte gestaltet sich aber sehr verschieden. Während die Speiseröhre bei den Säugethieren ein einfaches, zwischen Schlund und Magen ausgespanntes, muskulöses, mit einer stets schlüpfrig erhaltenen Schleimhaut ausgekleidetes Rohr darstellt, besitzt sie bei den Vögeln eine sackartige Erweiterung, den bekannten Kropf, der zur Aufbewahrung von Nahrungsmitteln, zur Brütezeit aber auch zur Absonderung einer breiigen, den Jungen zur Nahrung dienenden Flüssigkeit dient. Bei einigen Reptilien wieder, z. B. den Seeschildkröten, ist ihre innere Fläche behuf Zerkleinerung und Fortbewegung der Nahrungsmittel mit nach hinten gerichteten, spitzen, dicken Zapfen besetzt, und auch bei einigen Fischen finden sich dieselben. Bei einer bestimmten Schlange (Coluber scaber) kommen sogar mit Schmelz überzogene Zähne vor, die auffallender Weise hier als Spitzen der Wirbelkörperfortsätze durch die obere Wand der Speiseröhre hindurchdringen und so in das Lumen derselben hineinragen. Nicht geringere Verschiedenheiten bietet der Magen, den wir gegen die Speiseröhre bald nur durch eine Einschnürung des Darmrohres, bald durch eine klappenartige Vorrichtung, bald auch gar nicht scharf abgegränzt finden, dar. Bei den höchst entwickelten Säugethieren und so auch beim Menschen, findet sich nur eine Magenhöhlung mit verhältnißmäßig dünnen Wandungen und einseitiger sackförmiger Erweiterung. Bei einigen Walen (z. B. den Delphinen), bei den Faulthieren, Dickhäutern und namentlich den Wiederkäuern (Fig. 177) kommen dagegen beständig vier Ab-

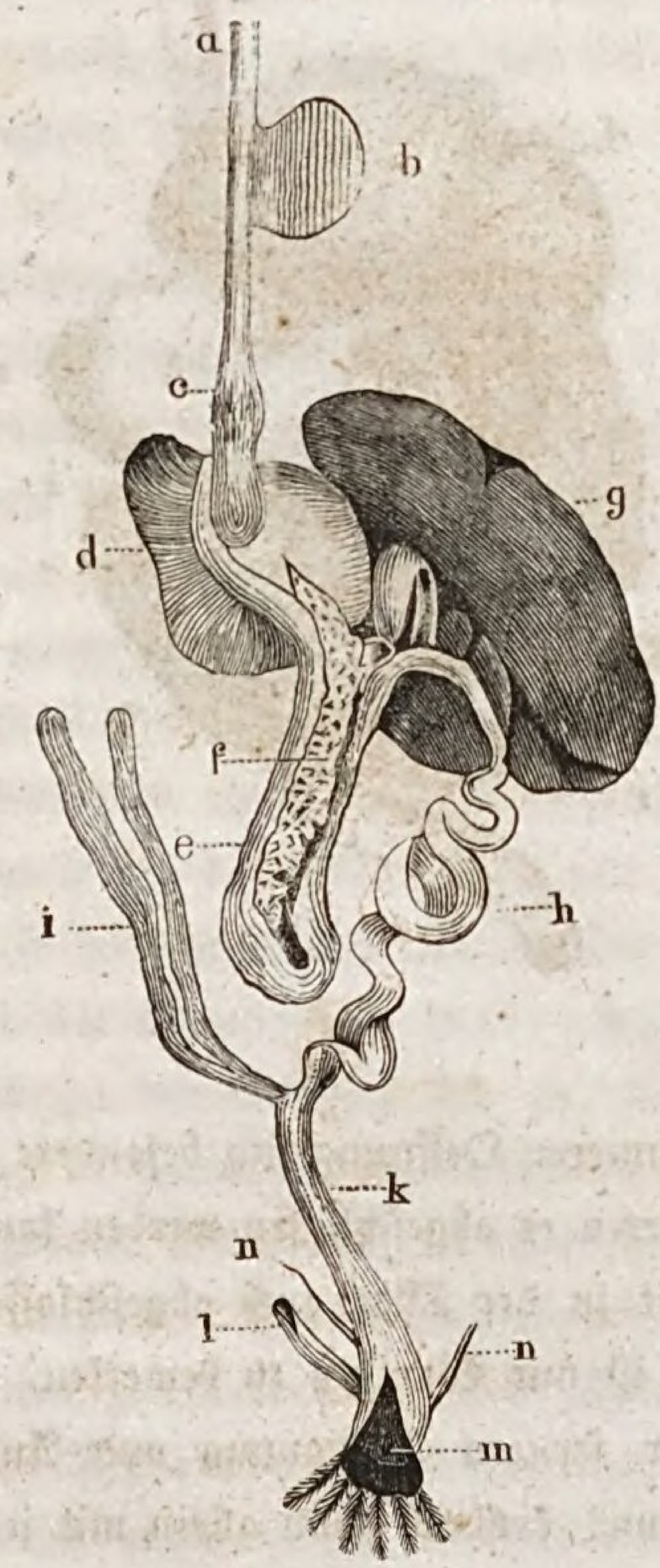
Fig. 177.*)



*) Mägen des Schaafes. a Speiseröhre. b Erster Magen oder Pansen. c Zweiter oder Netzmagen. d Dritter oder Blättermagen. e Vierter oder Laabmagen. f Anfang des Dünndarms. (Nach Bergmann und Leuckart a. a. O. S. 79.)

theilungen vor, die den Namen des Pansen, des Netzmagen, des Blättermagen und des Laabmagen tragen, und von denen die ersten beiden der Aufbewahrung und feineren Zertheilung, die beiden letztern aber der eigentlichen Verdauung der Nahrungsmittel dienen. Bei den Vögeln ist meistens ein doppelter Magen vorhanden. Der vordere stellt oft nur eine Erweiterung der Speiseröhre dar, und ist mit vielen Drüsen zur Absonderung des Magensaftes versehen (Fig. 178); der zweite bilde

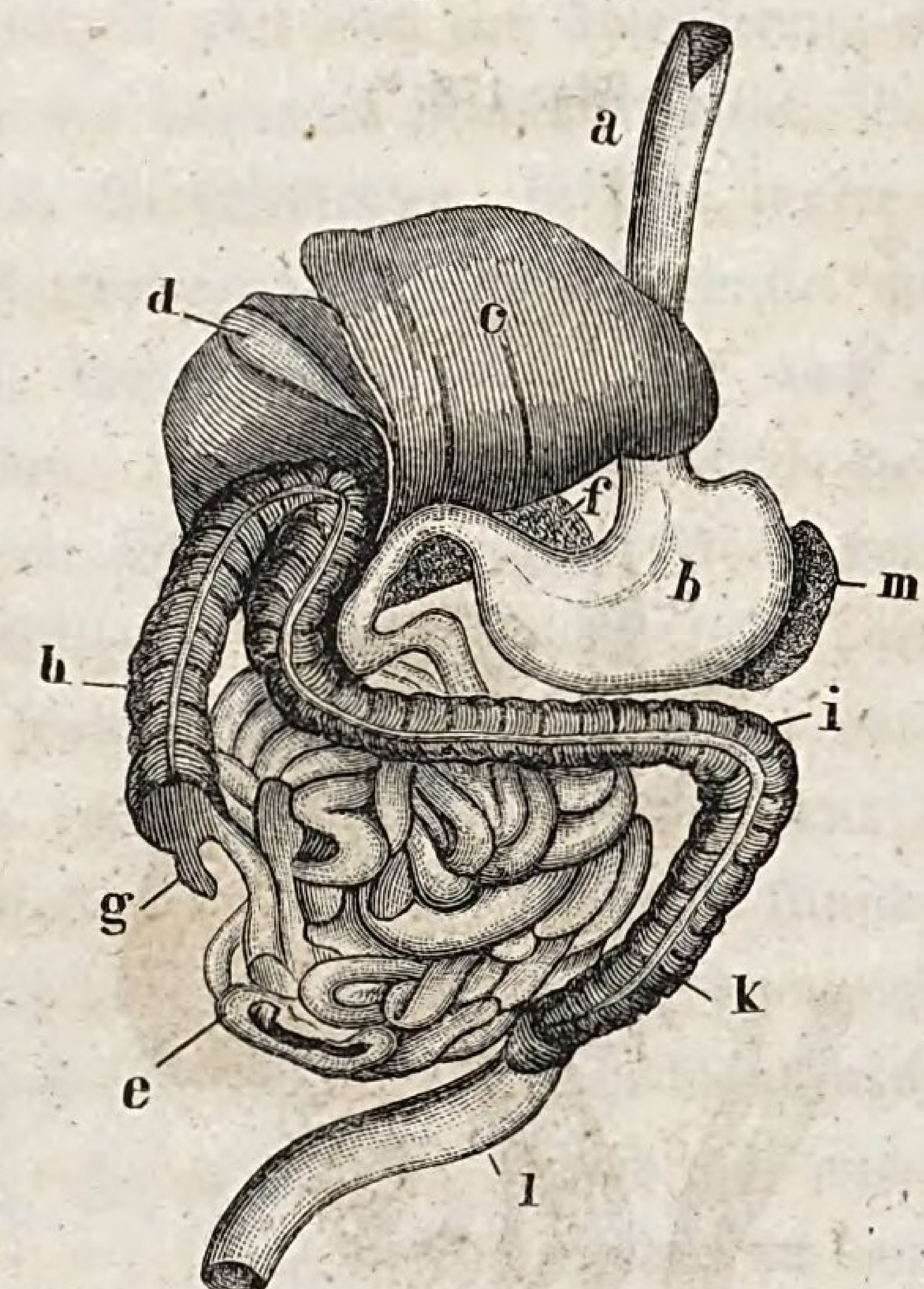
Fig. 178.*)



*) Darmapparat eines Vogels. a Speiseröhre. b Kropf. c Drüsenmagen. d Muskelmagen. e Zwölffingerdarm. f Bauchspeicheldrüse. g Leber mit mehren Lappen und Gallenblase (zurückgeschlagen). h Dünndarm. i Blinddärme. k Dickdarm. l Eileiter. m geöffnete Cloake. n Harnleiter. — (Nach Bergmann u. Leuckart a. a. O. S. 77.)

dagegen den sog. Haupt- oder Muskelmagen, und vermöge seiner derben, fleischigen Wandungen und seiner oftmaligen Auskleidung mit einer hornigen Platte ist er es erst, der für die Zerkleinerung und innige Vermischung der oft härtlichen Nahrungsmittel mit dem Magensafte sorgt. Beim Menschen bildet der Magen einen quer unter der Herzgrube liegenden Sack von verschiedener Größe (Fig. 179), an dessen

Fig. 179.*)



oberer sowohl, als unterer Oeffnung sich besondere muskulöse Apparate befinden, vermöge deren er abgeschlossen werden kann und während der Magenverdauungszeit in der That auch abgeschlossen wird. Von dem Darmcanal selbst ist nur Weniges zu bemerken. Der Dünndarm, der vorzugsweise der fernern Verdauung und Aufsaugung von Nahrungsmitteln dient und deshalb auch allein mit jenen oben erwähnten

*) Verdauungsapparat des Menschen. — a Speiseröhre. b Magen. c Leber (zurückgeschlagen). d Gallenblase. e Dünndarm. f Bauchspeicheldrüse. g Blinddarm. h Aufsteigender, i querer, k absteigender Dick- oder Grimmdarm. l Enddarm. m Milz.

Zotten versehen ist, endigt bei den meisten Säugethieren und Vögeln und manchen Amphibien mit einer Erweiterung, dem sog. Blinddarm, dessen Vorhandensein bei manchen Thieren für die Verdauungsvorgänge sicher von großer Bedeutung ist. Von dem voluminösern Dickdarm ist dieser dann aber wieder bald durch eine Klappe, bald nur durch einen Kreismuskel, bald gar nicht geschieden, Verhältnisse, die bald ein längeres, bald ein kürzeres Verweilen der Nahrungsstoffe im Dünndarm bedingen. Die ganze Länge des Darmcanals ist dabei sehr wechselnd. Während sie z. B. bei den Wiederkäuern meistens 15—18mal die Länge des Körpers beträgt, verhält sie sich bei den fleischfressenden Raubthieren zur letztern wie 5 : 1, bei dem Menschen etwa wie 6 : 1 u. s. w. u. s. w.

Auf diese flüchtigen Bemerkungen müssen wir uns hier beschränken. So manche interessante Betrachtung sich auch an die speciellen Bauverhältnisse der Verdauungsapparate der verschiedenen Thierarten anknüpfen läßt, es darf nicht vergessen werden, daß unsere Aufgabe nur in dem Entwurf eines allgemeinen Bildes besteht, und schon würde sich die Besorgniß vor einer zu großen Ausführlichkeit aufgedrängt haben, wenn nicht zum Verständniß des Allgemeinen auch wieder einige Specialkenntniß erforderlich wäre. Haben wir aber eine allgemeine Vorstellung von dem Baue des Darmrohres und seiner einzelnen Abschnitte gewonnen, so handelt es sich jetzt um ihre Functionen, um die schwierige Frage, wie die chemischen Metamorphosen der Nahrungsmittel, bis zu der Bildung des zur Aufsaugung befähigten Nahrungssaftes hin, in ihnen zu Stande kommen. Der noch übrige Abschnitt der vorliegenden Betrachtung ist dieser Frage gewidmet.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß es erst den letzten Decennien vorbehalten war, eine genauere Einsicht in die dunkeln, dem Auge entzogenen chemischen Verhältnisse der Verdauung zu gewinnen. Was aber ein unermüdliches Streben mit Vivisektionen von Thieren, mit sorgfältiger Beobachtung zufällig oder durch Krankheiten schwer verletzter Individuen u. s. w. errungen hat, liegt uns, Dank den Bemühungen eines Tiedemann und Gmelin, Bidder und Schmidt, Lehmann und Frerichs, Beaumont u. A. mehr und mehr schon als ein klar verstandenes Ganzes vor, und wenn auch in einzelnen Punkten,

im Allgemeinen sind wir über jene Verhältnisse nicht mehr im Zweifel. Gleichwie den Nahrungsmitteln auf ihrem Wege zum Magen der Speichel, so wissen wir, daß ihnen auf ihren weiteren Wegen durch den Darmcanal verschiedenartig constituirte Säfte, die sog. Verdauungssäfte, die von bald mehr, bald weniger verschiedenartigen Drüsen abgesondert werden, zufließen. Als solche Drüsen kennen wir im höchst entwickelten Wirbelthier: die Magendrüsen, die Leber, die hinter dem Magen gelegene Bauchspeicheldrüse und die Darmdrüsen, und zwar liefern die erstern den Magensaft, die Leber die Galle, die Bauchspeicheldrüse den Bauchspeichel, die Darmdrüsen den Darmsaft. Diese Säfte bedingen dann aber auch alle Metamorphosen, welche die Nahrungsmittel erleiden müssen, damit sie zu dem gleichförmigen, zur Aufsaugung befähigten Nahrungssaft oder „Chylus" umgewandelt werden. Nach und nach und in bestimmter Aufeinanderfolge werden sie den durch die wurmförmigen Bewegungen des Magens und Darmcanals langsam fortgeschobenen Nahrungsmitteln beigemischt, und wahrlich, wenn wir irgendwo Ursache haben, das Ineinandergreifen der einzelnen Thätigkeiten des thierischen Organismus, die Gesetzmäßigkeit alles organischen Geschehens zu bewundern, so ist es hier, wo wir in der Zersetzung und Metamorphose von Stoffen die Quelle eines neuen Lebens erblicken. Es ist zu bedauern und doch eine gewöhnliche Erfahrung, daß sich der Laie gerade von diesem Gebiete physiologischer Forschung mit einer gewissen Geringschätzung abwendet, daß die Erscheinungen des vegetativen Lebens fast durchgehends über die Betrachtung des animalen vernachlässigt werden. Es scheint, daß man sich ungern in das Wesen der stofflichen Vorgänge versenkt, zu ungern seine Abhängigkeit von diesen fühlt; man bezeichnet den Gegenstand als indelicat und läßt ihn zur Seite liegen, weil man in und durch ihn zu wenig Befriedigung des Sinnes für das Schöne, der doch bei dem Laien vorzugsweise in der Naturbetrachtung seine Genugthuung sucht, zu finden glaubt. Steht aber dem Schönen der äußeren Formen nicht ebenbürtig die tiefe Weisheit zur Seite, die sich uns in den Gestaltungsprocessen jener so schlagend offenbart? Wird die Bewunderung des Schönen nicht durch eine tiefere Einsicht in seine einzelnen nicht minder schönen Bestandtheile und seine Entwicklungsgeschichte noch um ein Bedeutendes ge-

steigert? Die Blüthe der Pflanze zieht allerdings zunächst unser Auge an; aber erst wenn wir ihre Geburtsstätte, ihre Entwicklung und ihren Zusammenhang mit dem Leben der ganzen Pflanze kennen, erreicht unsere Freude oder unsere Bewunderung jenen oft ungekannten Grad der Höhe, den nur die tiefere naturwissenschaftliche Forschung erreichbar macht. Und wie mit der Pflanze, so mit dem Thier. Erst dann erkennen wir die Erscheinungen des animalen Lebens im vollen Glanze ihrer Größe, wenn wir bis auf ihre letzten Quellen zurückgehen und Ursprung, Mischung und allmählige Metamorphose dieser Quellen verstehen lernen. Und handelt es sich gar um praktische Fragen, so wissen wir nur dann Blüthe und Frucht zu erziehen, nur dann erst Leistungsfähigkeit und Ausdauer zu bewahren und, falls sie schwinden, wiederherzustellen, wenn wir mit tieferer Einsicht ihre Quellen, ihre Ursachen, ihren Entwicklungsgang zu beurtheilen vermögen. Ermüden wir also nicht; lassen wir nicht ab von dem eifrigen Verfolge der interessanten Gegenstände und Fragen, welche die Natur uns, wie überall, so auch hier bietet; die gespannte Aufmerksamkeit lohnt bald ein erfreuendes Verständniß des zusammenhängenden Ganzen.

Wir erwähnten zunächst der Magendrüsen. Wo haben wir diese zu suchen? Wie verhält es sich um die Eigenschaften ihres Absonderungssaftes? Nach unserer obigen Skizze vom Bau des Darmcanals im Allgemeinen überzieht ihn außen zunächst eine glatte, sog. seröse Haut; dieser folgt die aus Längs- und Querfasern bestehende Muskelhaut, welche die für die Magenverdauung so wesentlichen Bewegungen des Magens vermittelt, und dieser liegt nach innen die Schleimhaut auf. In dieser letztern eingebettet und dicht gedrängt finden sich nun die $\frac{1}{5}$—$\frac{3}{4}$ ''' langen, schlauchförmigen Magendrüsen (Fig. 180, 181 u. 182 a. f. S.), die, frei auf der innern Fläche der Schleimhaut mündend, ihren ständig von den sie umstrickenden Blutgefäßen bezogenen Inhalt in die Höhlung des Magens hinein ergießen, sobald nur der von den Speisen selbst auf die Nerven der Magenwände ausgeübte mechanische und chemische Reiz die Veranlassung dazu giebt. Es besteht dieser Drüsen-Inhalt aber einmal aus zelligen Gebilden, den 0,006—0,01 ''' großen, sog. Labzellen und Zellenkernen, die beide in den Drüsen selbst ihre Entstehung finden, andrerseits aus einer

Flüssigkeit, die neben 97—99 Proc. Wasser vorzugsweise Chlorwasserstoffsäure oder Salzsäure, etwas Kochsalz, phosphorsauren Kalk, Chlorkalium und sehr wenig phosphorsaures Eisenoxyd enthält, und diese Bestandtheile des Magensaftes sind es, die, innig mit dem Inhalt des Magens vermischt, die erste und wesentliche Veränderung desselben herbeiführen. Die Salzsäure und die Labzellen spielen dabei ohne Frage die Hauptrolle. Es bedarf jedoch der Erwähnung, daß es nicht sowohl die Zellen selbst und in ihrer Totalität sind, welche neben der Salzsäure die verdauende Kraft besitzen, sondern vielmehr nur ihrem Inhalt diese wichtige Eigenschaft zukommt. Dieser Inhalt, in den kaum entstandenen Zellen gebildet, wird durch das Zerplatzen der Zellen frei, stellt sich jetzt als eine stickstoffhaltige Ferment-Substanz dar, die man mit dem Namen des Pepsin belegt hat, und sie nun eben ist es, die in

Fig. 180.*)

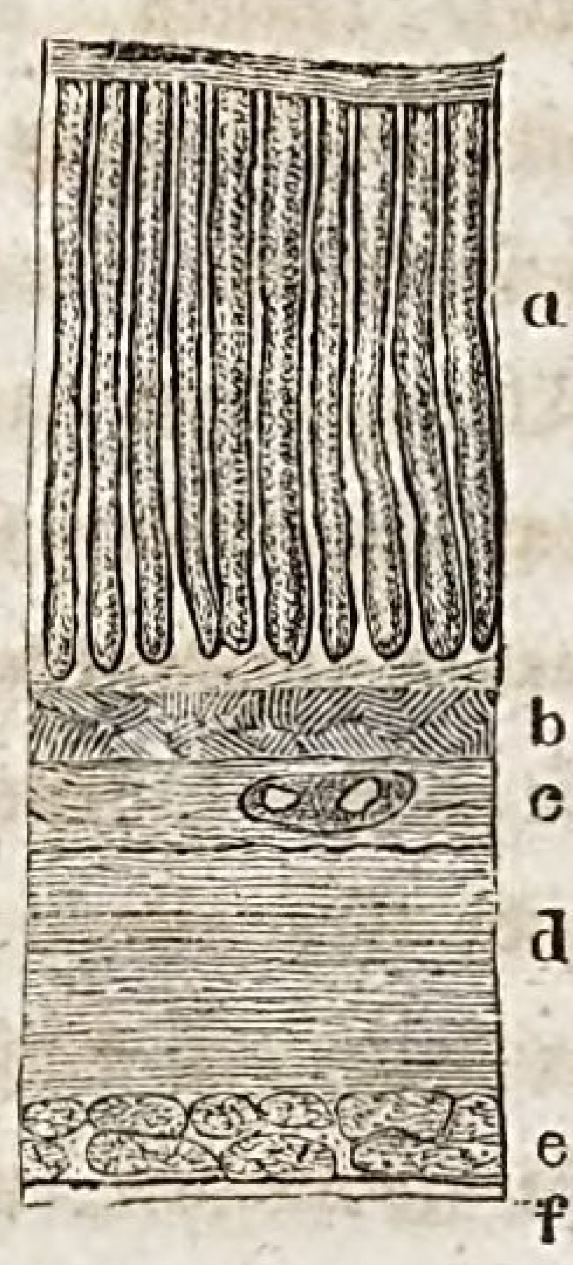


Fig. 181.**)

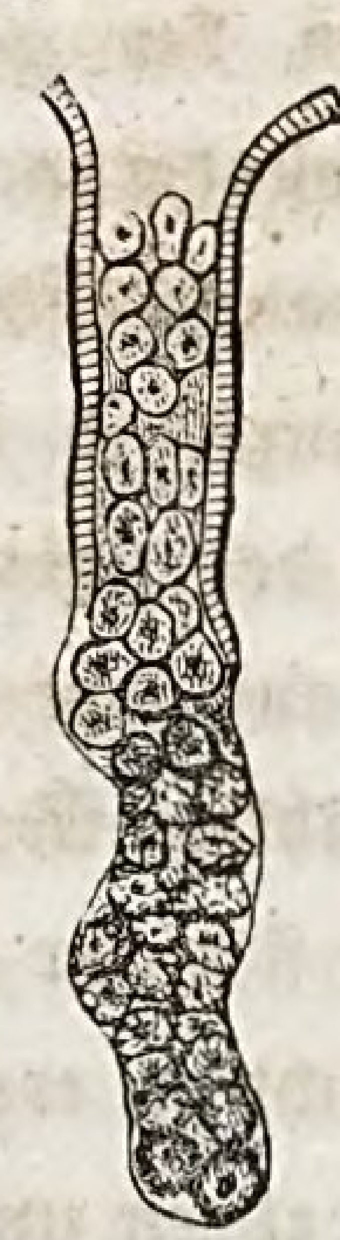


Fig. 182.***)



---

*) Senkrechter Schnitt durch die Häute des Schweinsmagen. a Magendrüsen. b Muskellage der Schleimhaut. c Nervenhaut mit durchschnittenen Gefäßen. d Quermuskellage. e Durchschnittene Längsmuskellage. f Aeußere seröse Haut, die die Außenfläche des Magens bekleidet.

**) Eine einzelne Magendrüse stärker vergrößert und mit Labzellen und Körnchenhaufen erfüllt. Die Wände sind nahe der Oeffnung der Drüsen mit Epithelialzellen besetzt.

***) Labzellen. a Zelle mit undeutlicher Begränzungshaut aus dem untern Theile der Drüse. b Zellen mit deutlicher Haut aus dem obern Theile der Drüse.

Verbindung mit der Salzsäure die verdauende Einwirkung ausübt. In der That ein wunderbarer Vorgang! In den kleinen Drüsenschläuchen entwickeln sich mit ausnehmender Raschheit aus den vom Blute gelieferten Materialien Zellenkerne und Zellen; dieser Bildungsproceß selbst includirt das Erstehen einer stickstoffhaltigen, die Labzellen erfüllenden und mit besondern Eigenschaften ausgerüsteten Substanz, und diese nun erst ist als solche bestimmt, das wesentliche Verdauungsmittel gewisser Nahrungsbestandtheile zu werden, während die Zellhüllen selbst wieder in dem Mageninhalt ihren Untergang finden!! Doch wir kommen darauf in einem spätern Vortrage noch einmal zurück. — Die täglich abgesonderte Menge des stark sauer reagirenden Magensaftes beläuft sich nach Bidder's und Grünewaldt's trefflichen Untersuchungen bei einem Menschen von etwa 130 Pfd. Körpergewicht auf die enorme Menge von mindestens 13 Pfd., eine Menge, welche für die hinreichende Auflösung der Nahrungsmittel erforderlich war, für die chemische Metamorphose der eiweißartigen Nahrungsbestandtheile aber, wie wir bald erfahren werden, noch nicht einmal genügt. Und wie wirkt dieser Magensaft auf die genossenen Speisen ein? Nach den von den oben genannten Forschern an Thieren und mit Magenfisteln behafteten Menschen angestellten Versuchen kann kein Zweifel mehr darüber vorhanden sein, daß seine wesentlichste Wirkung in der Auflösung und bis dahin noch nicht näher bestimmbaren chemischen Metamorphose der eiweißartigen (stickstoffhaltigen) Nahrungsstoffe, wie des Fleisches, des Hühnereiweißes, des Klebers im Brod und Mehl u. s. w. besteht. In Folge dieser Metamorphose verlieren die eiweißartigen Substanzen ihre Fähigkeit durch Hitze u. s. w. zu gerinnen, werden in Wasser löslich und damit zur Aufsaugung im Darmcanal geschickt. Eine zweite Wirkung steht aber dieser ersten zur Seite, und diese erstreckt sich auf die theilweise Umwandlung des genossenen oder durch die Einwirkung des Speichels auf das Stärkmehl im Munde erzeugten Traubenzuckers, so wie des genossenen Milchzuckers, in Milchsäure. Die erstere dieser Wirkungen wird sonder Frage durch die Salzsäure in Verbindung mit den im Magensafte gelösten, aus den Labzellen hervorgegangenen stickstoffhaltigen Substanzen ausgeübt, die zweite rührt aber in ähnlicher Weise von den letztern, als einem Fermente, her, wie wir dieselbe bei der

Molkenbereitung durch Zusatz eines Stückes Laabmagen vom Kalbe zur Milch herbeigeführt sehen. Bekanntlich verwandelt sich bei der letztern ein Theil des Milchzuckers der Milch zu Milchsäure, die sich als solche mit dem Käsestoff der Milch, ein Gerinnsel bildend, vereinigt. Sonach stoßen wir bei Betrachtung des Verdauungsvorganges im Magen, gleichwie bei der der Speichelwirkung, auf einen Fermentationsproceß, gleichzeitig aber auch auf eine chemische Metamorphose der eiweißartigen Nahrungsbestandtheile, die wesentlich durch die Gegenwart einer Säure, und zwar der Salzsäure, unterstützt und bedingt wird, deren Wesen wir bis dahin aber noch kaum scharf zu bezeichnen vermögen. Der hohe Wassergehalt des Magensaftes kommt dabei zu Hülfe, und daß seine unorganischen, übrigen Bestandtheile nicht ohne Bedeutung für die Herstellung einer in jeder Beziehung zur Ernährung des Körpers geeigneten Bildungsmasse sind, daß auch sie, wie die gleichen Bestandtheile des Speichels, unter Umständen zum Ersatz dieser oder jener in den Nahrungsmitteln selbst fehlender Bestandtheile dienen können, scheint nicht unwahrscheinlich. Die hohe Wichtigkeit des Salzsäuregehaltes des Magensaftes ist mit besonderer Sicherheit constatirt. Je geringer er ist, desto geringer auch die auflösende Eigenschaft des letztern. Es erklärt sich damit, daß ein erkrankter, mit Catarrh behafteter Magen wenig oder gar keine Speisen verdaut, denn der Absonderungssaft eines solchen besitzt entweder nur eine sehr schwach saure, oder gar eine alkalische Reaction; und wenn wir den Genuß alkalischer (Soda-) Wässer während der Mahlzeit als schädlich, als die verdauende Eigenschaft des Magensaftes beeinträchtigend bezeichnen, so bedarf dieses Verbot nach dem Gesagten keiner weitern Erklärung. Auch eine zu hohe Temperatur hebt nach sichern Versuchen die Einwirkung des Magensaftes auf, und es ergiebt sich daraus die dringende Mahnung, den Genuß heißer Suppen oder zu heißer Speisen zu vermeiden. Desgleichen ist eine zu große Verdünnung desselben von schwächendem Einfluß auf seine Wirkung und der zu reichliche Genuß von Flüssigkeiten, insonderheit Wasser, während der Mahlzeit ist damit als nachtheilig bezeichnet. Endlich sei auch noch des wichtigen Umstandes erwähnt, daß Zutritt von Galle zum Magensaft die Wirkung desselben gänzlich aufhebt. Kann aber ein solcher Zutritt, ein Aufsteigen der Galle aus

den obern Theilen des Darmcanals in den Magen ohne Frage durch heftige Gemüthsbewegungen herbeigeführt werden, so ist damit die Erklärung der oftmals beobachteten Unverdaulichkeit nach derartigen Emotionen genossener Speisen gegeben. Will man dagegen, wo die Verdauung der Speisen im Magen darniederliegt, die Absonderung des Magensaftes vermehren, so kann man eine solche Vermehrung rasch durch verschiedene Reizmittel herbeiführen, wie z. B. durch das schon oben erwähnte Kochsalz, durch wenig Spirituosa, oder durch kleine Dosen von Arzneimitteln, die in größeren Gaben Magen oder Darmcanal zu kräftigen Bewegungen anregen, wie Rhabarber oder Ipecacuanha. Auch mag es hier in Kürze erwähnt sein, daß eine geringe Beimischung von Fett zu den Nahrungsmitteln die Einwirkung des Magensaftes auf die eiweißartigen Stoffe steigert, so daß also ein solcher Zusatz unter Umständen nur zu empfehlen ist. Durch die für alle Zeit wichtigen und weitbekannten Untersuchungen des Dr. Beaumont an einem canadischen Jäger, der durch einen Schuß eines Theiles der vordern Bauch- und Magenwand beraubt war, und somit zu unmittelbaren Beobachtungen über die Verdauungsvorgänge im Magen Gelegenheit darbot, sind wir endlich auch dahin gelangt zu wissen, welche Zeit annähernd für die vollkommene Magenverdauung (Chymification) der einzelnen Nahrungsmittel erforderlich ist. Für die Diätetik ist die Kenntniß dieser Verhältnisse selbstverständlich von hohem Werth, und namentlich bei Feststellung und Beurtheilung der so oftmals fehlerhaften Kinderdiät, einem Quell der verschiedensten spätern Krankheitszustände, sollte dieselbe stets eine sorgfältige Berücksichtigung erfahren. Beispielsweise nur Einiges davon. Die Zeit der Magenverdauung beträgt:

für Ochsenfett	5½	Stunden
„ Hammelfett	4½	„
„ gekochten Schinken	4½	„
„ „ Kohl	4½	„
„ „ Lachs	4	„
„ zahmes Geflügel	4	„
„ gebratenes Rindfleisch	4	„
„ alten Käse	3½	„

für frisches Waizenbrod	. . . .	3 1/2	Stunden
„ gekochte Kartoffeln	. . . .	3 1/2	„
„ hart gekochte Eier	. . . .	3	„
„ geschmortes Hammelfleisch	. .	3	„
„ Beefsteak	. . . .	3	„
„ rohe Austern	. . . . . .	3	„
„ rohen Schinken	. . . . .	3	„
„ Eier= und Milchpudding	. . .	2 3/4	„
„ gekochte und frische Milch	.	2—2 1/4	„
„ gekochten Sago	. . . . . .	1 3/4	„
„ gekochte Forellen	. . . . .	1 1/2	„
„ weiche, süße Aepfel	. . .	1 1/2	„

u. s. w. u. s. w.

Es ergiebt sich daraus leicht die Mahnung, neugeborenen Kindern nicht öfter als höchstens alle 2—3 Stunden Nahrung zu reichen, und bei älteren zwischen den einzelnen Mahlzeiten, je nach deren Art, stets einen hinreichenden Zwischenraum zu lassen; das beständige Füttern, die unregelmäßigen, wenn auch zur Zeit nur unbedeutenden Genüsse von Speisen, wie sie so oft den Kindern nicht nur gestattet, sondern auch offerirt werden, sind die Ursache mancher Krankheitserscheinungen, die sich erst im spätern Alter herausstellen und der ärztlichen Behandlung äußerst hartnäckigen Widerstand leisten. —

Während nun diese Verdauungsvorgänge im Magen statthaben, findet gleichzeitig schon eine Aufsaugung mancher Nahrungsstoffe von Seiten der schon oben erwähnten, die Magendrüsen selbst netzförmig umstrickenden Blutgefäße statt. Namentlich von Getränken, Zuckerlösungen, Spirituosen u. s. w. wissen wir, daß sie zum großen Theil schon vom Magen aus in die Blutgefäße übertreten, ein Verhältniß, welches den Gesetzen der En= und Exosmose zufolge je nach der Art der Getränke, deren Salzgehalt, Reaction u. s. w., so wie nach der jeweiligen Beschaffenheit des Blutes mannigfachen Verschiedenheiten unterliegt. So wird Wasser von einem zur Zeit wasserarmen Blute rascher aufgesogen werden, als von einem normal wasserhaltigen, saure Flüssigkeiten werden im Allgemeinen rascher in die Blutgefäße über=

treten, als alkalische u. s. w. Wenn jedoch, wie bereits oben erwähnt, bei einzelnen Thierarten, wie den Insekten, die Verdauung der gesammten Nahrungsmittel, so wie deren Aufsaugung schon im Magen beendet wird, so verhält es sich bei den Wirbelthieren anders. Bei diesen erreichen die festen Nahrungsmittel im Magen noch nicht denjenigen Grad der Auflösung und Verarbeitung, der für ihren Uebertritt in die Nahrungssaft- und Blutgefäße erforderlich ist; sie bedürfen noch weiterer Metamorphosen, und diese warten ihrer in dem obern Theile des Darmcanals, im Dünndarm.

Von der Beimischung der Salzsäure noch sauer tritt der Mageninhalt (Speisebrei oder Chymus) in den letztern ein. Alsbald aber fließen ihm die alkalisch reagirenden Absonderungssäfte der Bauchspeicheldrüse und der Leber durch besondere Canäle zu, und nicht nur die saure Beschaffenheit des Chymus wird dadurch zum großen Theil wieder aufgehoben, es erfolgen vielmehr auch weitere Metamorphosen derjenigen Nahrungsbestandtheile, die bis dahin die erforderlichen Veränderungen noch nicht erfuhren.

Was zunächst die hinter und unterhalb des Magens gelegene Bauchspeicheldrüse (Pancreas, Midder) anbetrifft, so gleicht dieselbe durchaus den Speicheldrüsen des Mundes, und auch ihr Secret hat ganz ähnliche Eigenschaften wie der Speichel. Es verwandelt dasselbe also insonderheit das bis dahin noch nicht in Zucker umgewandelte Stärkmehl in Traubenzucker, vollendet die vom Mundspeichel begonnene Metamorphose desselben, bedingt wahrscheinlich auch die weitere Umwandlung des Traubenzuckers in Milchsäure, so wie des Rohrzuckers in Traubenzucker und wieder in Milchsäure, und trägt durch seinen Wassergehalt gleichzeitig wieder zur weitern Auflösung der Nahrungsstoffe bei. Es kommt diese Drüse daher auch fast bei allen Thieren der drei höhern Wirbelthierklassen vor, seltener schon bei den Fischen, deren zum Theil eigenthümliche Magenanhänge (Appendices pyloricae) übrigens möglicherweise die Stelle derselben vertreten. Bei den wirbellosen Thieren finden sich nur zweifelhafte Organe, denen die Bedeutung einer Bauchspeicheldrüse beizulegen wäre; nur bei den Weichthieren scheint ein aus zahlreichen Blindschläuchen bestehendes Anhangsgebilde des Darmcanals eine solche zu besitzen. Die Menge des in 24 Stunden in

einem erwachsenen Mann abgesonderten Pancreassaftes ist dabei viel erheblicher, als man bisher dachte. Nach C. Schmidt beläuft sie sich auf 4,6 Kilogrm. (= 9,2 Pfd.). Es ist diese Menge jedoch nach der Berechnung desselben geistreichen Physiologen nicht sowohl speciell für die Metamorphose des Stärkmehls und Zuckers erforderlich, als vielmehr zur Verdünnung des Speisebreies und zur Fixirung und Hinwegführung derjenigen Menge von Natron, welche in der Bauchspeicheldrüse von dem Chlor des Chlornatrium (Kochsalzes) getrennt, sich dem Fermentstoffe des Bauchspeicheldrüsensaftes verbindet, mit ihm dem Inhalt des obern Theiles des Darmcanals zuströmt, und sich hier mit dem Salzsäuregehalte desselben wieder zu Kochsalz verbindet. Es findet dieser Ansicht zufolge also in der Bauchspeicheldrüse jene wichtige Zerlegung des im Blute enthaltenen Kochsalzes in Chlorwasserstoff- oder Salzsäure uud Natron statt, welche für die Bildung der Salzsäure des Magensaftes Sorge trägt; und während diese Säure selbst zum Magen geht, um dort Bestandtheil des Magensaftes zu werden, verbindet sich das von ihr getrennte Natron mit der Fermentsubstanz, welche in der Bauchspeicheldrüse gebildet wird. Jene fließt dann vom Magen aus mit dem Inhalt desselben, dieses mit der Fermentsubstanz des Pancreassaftes dem obern Theile des Darmcanals zu, und, kaum getrennt gewesen, vereinigen sich hier Salzsäure und Natron wieder zu Kochsalz, ein Vorgang, der, wie Schmidt sich ausdrückt, auf die Erhaltung „des typischen Gleichgewichts zwischen Säuren und Basen" im Organismus hinzielt und die theilweise Neutralisation der Säure des aus dem Magen herabgetretenen Speisebreies includirt. — Fügen wir diesen Angaben noch hinzu, daß nach den neuesten Untersuchungen von Frerichs, Städeler und Virchow die Bauchspeicheldrüse neben der erwähnten Function höchst wahrscheinlich noch eine zweite, für die Stoffmetamorphose im Körper äußerst bedeutungsvolle ausübt. Gleich der Milz scheint sie gewisse Bestandtheile des Blutes in bestimmte Verbindungen, und zwar in das sog. Leucin und Tyrosin umzuwandeln, Verbindungen, die durch den Blutstrom der Leber zugeführt, dort für die Bildung der Galle äußerst wesentlich zu sein, ja vorzugsweise das Material für dieselbe zu liefern scheinen. Erst später werden wir noch einmal auf diese wichtigen Beziehungen zurückkommen. —

Neben der Speicheldrüse liegt dem Darmcanal die Leber zur Seite, ein ebenfalls drüsiges Organ, welches, weit in der Thierreihe verbreitet, nicht nur speciell für den Verdauungsproceß der Nahrungsmittel, sondern für den gesammten Haushalt des Thieres eine sehr hervorragende Bedeutung besitzt. Sehen wir uns zunächst nach dem Vorkommen desselben in der Thierreihe etwas näher um. — Aus der Entwicklungsgeschichte des Hühnchens erinnern wir uns, daß sich die Leber aus dem Darmrohre, und zwar in der Form einer einfachen Ausstülpung oder Zellenanhäufung, hervorbildet. Wie in Betreff so mancher anderer Organe sehen wir aber auch hier die embryonalen Verhältnisse der höhern Thierformen bei den niedern das ganze Leben hindurch constant bleiben, und wenn sich bei vielen Polypen in den Wandungen des Verdauungscanals nur eine eigenthümliche Schicht von Zellen, die sich durch ihre braune, grünliche oder gelbe Färbung als Leberzellenschicht charakterisirt, findet, so ist damit ein Beispiel für jenes Verhältniß gegeben. Die Leber hat sich hier noch nicht als gesondertes Organ hervorgebildet. Bei den höhern Strahlthieren sind die schon oben erwähnten Anhänge des Magens, die sich oft zu traubenförmigen Anhangsdrüsen gestalten oder blindsackförmig in die Arme der Thiere hineinerstrecken, als gallenbereitende Organe zu betrachten. Unter den Mollusken finden sich ähnliche Verhältnisse nur bei den niedrigen Formen, den Tunicaten (Mantelthieren), Pteropoden (Flossenfüßern) u. s. w. Bei den übrigen tritt dagegen die Leber schon als ein gesondertes Organ auf, und zwar besteht sie hier meistens aus mehren kleinen Blindsäckchen, die bald enger, bald weniger fest mit dem Darmcanal verbunden sind, oft eine sehr bedeutende Entwicklung erreichen, und ihr Secret meistens aus zwei Gallengängen in den Darmcanal ergießen. Bei den Würmern wieder findet sich kein besonderes Leberorgan. Wie bei den niedern Strahlthieren ist dasselbe hier nur in Form einer gelblichen Schicht eng mit dem Darm verbundener Zellen angedeutet; nur bei den Ringelwürmern ist das Gewebe schon zu kleinen Schläuchen oder Drüsensäckchen mit eigenen Ausführungsgängen entwickelt. Bei den übrigen Gliederthieren finden sich oft ebenfalls keine besondern, gallebereitenden Organe, namentlich nicht bei den sechsfüßigen Insekten und Tausendfüßlern, den niederen Arten der

Spinnen und Krebse; auch hier wird die Leber durch einzelne Zellenlagen des Darmcanals vertreten. Bei den größern Krustern und Spinnen, beim Flußkrebs u. s. w. finden sich dagegen wieder besondere, gallebereitende einfache oder zusammengesetzte, blindsackartige, cylindrische Schläuche, und die zehnfüßigen Krebse besitzen selbst zwei ansehnliche zusammengesetzte Drüsen, welche der Function der Leber vorstehen. Bei den Wirbelthieren endlich bildet die Leber mit einer einzigen Ausnahme (Branchiostoma) eine neben den Gedärmen und meistens rechts vom Magen liegende gelbbraune oder dunkelrothe, aus zwei oder mehren sog. Lappen zusammengesetzte, bald größere, bald kleinere Drüse. Durch einen oder mehre Ausführungscanäle für die Galle steht diese mit dem obern Theil des Darmcanals in Verbindung. An ihrer hintern Fläche ist sie aber zugleich in der Mehrzahl der Fälle mit der sog. Gallenblase, als einem Reservoir für die während der Verdauungsruhe bereitete, und erst später zu verwendende Galle, die dann durch den schon erwähnten oder einen gesonderten Ausführungsgang in den Darm ergossen wird, versehen. Die Leber der Fische ist dabei durch ihre Größe und meistens durch ihren bedeutenden Fettgehalt, der uns den Leberthran liefert, ausgezeichnet. Bei den Reptilien ist sie je nach der Form des Thieres bald langgestreckt, bald kürzer. Bei den Vögeln finden sich meistens zwei Lappen; die Gallenblase wird aber hie und da vermißt, wie z. B. bei den Tauben und Papageyen. Bei den Säugethieren kommen oft zwei, oft auch sechs bis acht Lappen vor, wie bei den Nagern und Affen, während die Gallenblase wieder oftmals fehlt, wie bei den ächten Walen, mehren Wiederkäuern (Hirsch, Kameel u. s. w.), dem Pferde, mehren Dickhäutern u. s. w. Beim Menschen besteht die etwa 4 Pfd. wiegende Leber aus einem rechten großen und linken kleinern Lappen, der den Magen von rechts her überragt;*) hinter dem rechten Lappen liegt die Gallenblase, und die in ihr angesammelte Galle sowohl, als die direct aus der Leber kommende werden durch den sog. Gallengang in den obern Theil des Dünndarms entleert.

---

*) Ueber den feinern Bau der Leber (s. Vortrag 13).

Woraus nun besteht die Galle? Wie wirkt sie auf die chymificirten Nahrungsmittel ein? — Lange Zeit hindurch haben diese äußerst schwierig zu beantwortenden Fragen die Physiologen beschäftigt; sind wir aber in Betreff der ersteren durch Strecker's schöne Untersuchungen zu einer bestimmten Aufklärung gelangt, so haben uns die Forschungen insonderheit von Lenz, Bidder, Schmidt, Nasse, Arnold u. A. die Antwort auf die zweite geliefert. Folgende kurze Bemerkungen mögen in Beziehung darauf hier ihren Platz finden.

Im reinen und normalen Zustande stellt die Galle eine vollkommen klare und durchsichtige Flüssigkeit von verschiedener Dichtigkeit dar. Ihr Wassergehalt schwankt bei verschiedenen Thieren, und je nachdem sie längere oder kürzere Zeit in der Gallenblase verweilte oder frisch von der Leber abgesondert wird, zwischen 85 und 97 Proc. Ihre Farbe wechselt dabei je nach der Nahrung, und ebenfalls je nach dem längern oder kürzern Verweilen in der Gallenblase. Bei den Pflanzenfressern ist sie bald gras-, bald olivengrün, bei den Fleischfressern mehr gelblich, bald hellgoldgelb, bald tiefgelbbraun, und je länger sie in der Gallenblase verweilt, um so mehr nimmt sie, in Folge der Oxydation ihres Farbstoffes durch den Sauerstoffgehalt des Blutes, die grüne Farbe an. Durch die Beimischung von Schleim wird sie zähe; ihre Reaction bleibt im Normalzustande aber immer eine neutrale. Chemisch betrachtet besteht sie dabei aus folgenden Bestandtheilen. Abgesehen von dem Wasser wird die Hauptmasse von zwei sog. gepaarten Säuren gebildet, der sog. Glycocholsäure und Taurocholsäure, von denen jene aus der Paarung oder Verbindung von Cholsäure und Glycocoll, diese aus der Paarung von Cholsäure und Taurin hervorgeht. Die stickstofffreie Cholsäure stammt sehr wahrscheinlich her von den Fetten, das stickstoffhaltige Glycocoll und das stickstoff- und schwefelhaltige Taurin dagegen von den stickstoffhaltigen Bestandtheilen des Blutes, Angaben, die sich leider bis dahin noch nicht genauer präcisiren lassen. Beide diese Säuren sind nun aber in der Galle mit Natron zu Salzen verbunden, und wir bezeichnen die letztere demnach nicht unrichtig als eine Lösung von glycocholsaurem und taurocholsaurem Natron. Neben diesen Bestandtheilen, auf deren Zusammen-

setzung, Abstammung u. s. w. wir später noch wieder zurückkommen, findet sich als zweiter der eigenthümliche, sehr wahrscheinlich aus dem Farbstoff der Blutkörperchen hervorgehende Gallenfarbstoff, und als dritter das bisher fälschlich zu den Fetten gezählte Cholestearin, neben einigen Fetten und Fettseifen. Diese sämmtlichen Stoffe gehören in die Classe der organischen Verbindungen. Als unorganische finden sich aber neben ihnen, außer dem schon oben genannten Natron, Chlornatrium, geringe Mengen phosphorsauren Natrons, phosphorsauren Kalkes, phosphorsaurer Magnesia und Spuren von Eisen. So constituirt tritt nun die Galle in einer durchschnittlichen, durch reichlichen Wassergenuß leicht zu vermehrenden Menge von 2 Pfd. per Tag (bei einem Menschen von 130 Pfd. Körpergewicht) in den Darmcanal ein, mischt sich mit dem Speisebrei und trägt zunächst, in Gemeinschaft mit dem Secrete der Bauchspeicheldrüse und der Darmdrüsen, dazu bei, die saure Reaction des Speisebreies zu vermindern. Insonderheit ist es das mit den Gallensäuren verbundene Natron, welches sich von diesen wieder trennt, mit der stärkeren Salzsäure des Chymus zu Kochsalz verbindet und damit eben die Säure des letztern abstumpft. Doch es ist das keineswegs die wesentliche Bedeutung der Galle. Diese besteht vielmehr, sofern wir nur ihre Beziehung zum Verdauungsproceß in Betracht ziehen, in einer eigenthümlichen physikalischen Einwirkung auf den Fettgehalt der Nahrungsmittel und auf die Wandungen des Darmcanals. Während sie nämlich durch ihre Vermischung mit den Fetten des Speisebreies eine äußerst feine Vertheilung derselben zu feinsten Fettkügelchen herbeiführt, bedingt sie dadurch, daß sie die Oberfläche und insonderheit die Zotten des Darmcanals benetzt, die Fähigkeit dieser, das Fett aufzusaugen, eine Thatsache, die nicht nur dadurch bestätigt wird, daß bei mangelnder Gallenzufuhr zum Darmcanal das Fett denselben unverdaut verläßt, sondern auch durch die interessanten Experimente von *Wistinghausen* zur größten Wahrscheinlichkeit, wenn nicht Gewißheit erhoben ist. Das Fett hat eine mechanische Verwandtschaft zur Galle, und durch *Wistinghausen* wissen wir, daß wenn man von zwei Capillarröhrchen das eine mit Wasser, das andre mit Galle benetzt und beide in Oel stellt, das letztere in dem mit Galle benetzten Röhrchen 12—14 Mal höher steigt, als in dem mit Wasser

benetzten. Damit ist die wesentlichste Beziehung der Galle zum Verdauungsproceß bezeichnet. Aber ihre Aufgabe im Lebensproceß des Thieres ist auch damit noch nicht erschöpft. Es ist vielmehr durch Berechnung gefunden, daß die Galle fast zu $^7/_8$ ihrer ganzen Menge im Darmcanal selbst wieder aufgesogen, von den Nahrungssaft- oder Blutgefäßen aufgenommen und somit selbst wieder zur Ernährung des Körpers verwandt wird. Legt man Thieren sog. Gallenfisteln an und leitet durch diese die Galle aus dem Körper ab, oder ist in Krankheiten der Gallenabfluß behindert, so erreicht namentlich im erstern Falle der Appetit eine ungewöhnliche Höhe, und es ist diese Freßgier in diesem Falle nicht allein Folge der durch den Mangel an Galle behinderten Fettaufsaugung im Darmcanal, sondern auch Folge des Ausfalls der Galle selbst, die nun nicht weiter für die Ernährungsvorgänge des Organismus verwandt wird. So wird die Leber gewissermaaßen zu einer Vorrathskammer, in welcher bis dahin noch nicht zur Körperernährung verwandte Bestandtheile der Nahrungsmittel aufgespart werden, um erst in einem zweiten Umlauf diese oder jene Verwendung zu finden. Wäre sie nicht da, so würden die Nahrungsbedürfnisse um Vieles bedeutender sein, und die Sorge also, daß nichts für die Ernährung Verwendbares verloren gehe, bildet eine der mannigfachen, später noch näher zu bezeichnenden Aufgaben, die ihr von der Natur übertragen sind.

Sind den Nahrungsmitteln nun Mundspeichel, Magensaft, Bauchspeichel und Galle beigemischt, so fließt ihnen schließlich noch der Absonderungssaft der in der Schleimhaut des Darmcanals gelegenen, verschiedenartigen Drüsen, der sog. Darmsaft zu, und diesem liegt es ob, die letzten bisher noch nicht erfolgten Metamorphosen der Nahrungsmittel herbeizuführen. Es hat dieser Saft darin eine gewisse Aehnlichkeit mit dem Magensaft, daß auch er Zellen und Zellkerne enthält, und auch die Mehrzahl der Drüsen, welche ihn liefern (die sog. Lieberkühn'schen Drüsen), gleicht ganz den Magendrüsen (vgl. Fig. 183 S. 235). In der That begegnen wir hier abermals dem auffallenden Vorgange einer freien Zellenbildung behuf Erzeugung eigenthümlicher Fermente. Allein es unterscheidet sich der Darmsaft doch dadurch wesentlich vom Magensaft, daß er nicht sauer, sondern stark alkalisch reagirt und also

gleich Galle und Bauchspeichel, zur Abstumpfung der Säure des Speisebreies beiträgt. Ueber seine weitere chemische Zusammensetzung wissen wir, wegen der Schwierigkeit ihn gesondert zu gewinnen, sehr wenig. Dennoch aber steht es durch Bidder's und Schmidt's Untersuchungen fest, daß er nicht nur die Fähigkeit besitzt, gleich dem Magensaft, eiweißartige Nahrungsstoffe aufzulösen, sondern auch Stärkmehl in Zucker verwandelt und somit für die Auflösung und Metamorphose desjenigen Theils der wesentlichsten Nahrungsbestandtheile sorgt, der bis dahin und durch die zuvor zugemischten Verdauungssäfte noch gar nicht oder noch nicht hinreichend aufgelöst oder metamorphosirt war.

Damit sind denn die Vorbereitungsstadien der Nahrungsmittel durchlaufen. Die eiweißartigen Bestandtheile sind aufgelöst, haben ihre Gerinnbarkeit verloren, und sind zur Aufsaugung geschickt gemacht; die Fette sind auf's Feinste vertheilt; das Stärkmehl ist in Traubenzucker, der Traubenzucker in Milchsäure, und die Milchsäure im untern Theil des Darmcanals schon weiter zu Buttersäure verwandelt, der Rohrzucker ist in Traubenzucker, und dieser ebenfalls wieder in Milchsäure, eventualiter Buttersäure metamorphosirt. Alle übrigen, in Wasser löslichen Bestandtheile der Nahrungsmittel, so wie auch die für den Ernährungsproceß so äußerst wichtigen unlöslichen und löslichen unorganischen Bestandtheile derselben, sind dem Gemisch von Stoffen, welches wir jetzt Chylus oder Nahrungssaft nennen, beigefügt und, so zubereitet, wird dasselbe nun von dem reichen, die Schleimhaut des Darmcanals durchziehenden Blutgefäßnetz, so wie von den Zotten derselben und den in diesen gelegenen Endigungen der sog. Chylusgefäße aufgesogen, oder in niedern Thieren in andrer Weise der Körpersubstanz zugeführt. Das ist die Nahrung, die den Boden des Thieres tränkt, die es sich, verschieden von der ihre Nahrung fertig gebildet im Boden vorfindenden Pflanze, selbst erst zubereitet hat, aus der es jetzt seinen Körper aufbauen oder verjüngen soll. Was den Nahrungsmitteln an unauflösbaren, unverdaulichen Substanzen unvermeidlicher Weise beigemischt war, was in Folge zu massenhafter Aufnahme von Nahrungsmitteln nicht verdaut, nicht aufgelöst werden konnte, was geradezu zur Ausscheidung aus dem Organismus bestimmt ist, wird durch den

untern Theil des Darmcanals zur Ausscheidung gebracht, um als verwesender Stoff, als Dünger dem Leben der Pflanze wieder Nahrung zu geben. Wenn aber aufgesogen von den Blutgefäßen und Zotten der Schleimhaut des Darmcanals, wie wird aus dem Nahrungssaft Blut, wie wird dasselbe in alle Theile des Organismus hinein verbreitet, welche weiteren Schicksale harren seiner? Suchen wir die Antwort auf diese Frage in unserer nächsten Betrachtung. —

unteren Theil des Darmcanals zur Ausscheidung gebracht, um als Verwesender Stoff als Dünger dem Boden der Pflanze wieder Nahrung zu geben. Wenn aber aufgesogen von den Blutgefäßen und Zotten der Schleimhaut des Darmcanals, wie wird aus dem Nahrungssaft Blut, wie wird dasselbe in alle Theile des Organismus hin verbreitet, welche weiteren Schicksale bevorstehen? Suchen wir die Antwort auf diese Frage in unserer nächsten Betrachtung.

Dreizehnter Vortrag.

Blutbildung und Bluteirkulation,
nebst allgemeinen Bemerkungen über den Bau der Drüsen, die Bildung der Drüsensäfte und den Aufbau der Gewebe des Thierkörpers.

„Aus Blatt und Frucht geht Blut und Fleisch hervor; zur regsamen Nervenfaser gestaltet sich, was die Pflanze zusammengefügt.“ Folgen wir denn Schritt vor Schritt den weitern Schicksalen der Nahrungsstoffe, nachdem wir sie bis zur Umwandlung zum Nahrungssaft oder Chylus bereits begleitet haben.

Der Gang der in Frage stehenden Ereignisse ist uns im Allgemeinen, wenn auch nur in Bezug auf höher entwickelte Thiere, schon aus der früheren Skizze vom „Kreislauf des Stoffes“ bekannt. Aus dem Chylus wird Blut, das Blut wird allen Theilen des Organismus in raschem und ununterbrochenem Flusse zugeführt, aus ihm regeneriren und bauen sich die einzelnen Formbestandtheile des Körpers auf, und die Produkte des Zerfalls derselben kehren endlich wieder zu ihm zurück, um, zeitweilig mit ihm vermischt, doch bald und in bestimmten Organen wieder auszuscheiden und einen Ausweg aus dem Organismus überhaupt zu suchen. Fügen wir jetzt noch hinzu, daß das Blut gleichzeitig die Quelle all jener verschiedenen Absonderungssäfte der Drüsen bildet, die wir im vorhergehenden Vortrage kennen lernten, daß es in der Stoffaufnahme von außen und in der Stoffabgabe nach außen gewissermaaßen nur seine physiologischen Anfangs- und Endpunkte findet, in der Mitte zwischen beiden aber an vielen Stationen hohe und niedrige Zölle (Speichel, Magensaft, Galle, Thränenfeuchtigkeit u. s. w.) zu entrichten hat, die ihm freilich vor dem Gewinn seines Endpunktes allemal in einer oder der andern Weise zurückerstattet werden, dennoch aber einmal gezahlt werden müssen. Wir gelangen damit zu dem Begriffe vom Blute, als einer beständigen Wechseln von

Ebbe und Fluth unterliegenden Flüssigkeit, einer Flüssigkeit, die nicht nur die für den Körperbau und die Körpererhaltung verwendbaren Einnahmen, sondern auch die für den Organismus selbst werthlosen, dem Erdboden aber als Tauschsumme darzubringenden Ausgaben in sich schließt; und in der That, wir können das Blut in dieser Beziehung gegenüber der Außenwelt und gegenüber den Organen des Thierkörpers nicht passender, als mit einer Landescasse vergleichen, die dem Auslande gegenüber Einnahmen und Ausgaben im Gleichgewicht halten soll, inzwischen aber, für ein gedeihliches Leben im Innern des Landes sorgend, tausendfache einzelne Ausgaben zu bestreiten, aber auch eben so viel Einnahmen, wenn auch oft in andern Münzsorten, zu erheben hat. Welch' mächtige Differenz von den gleichen Lebensvorgängen der Pflanze! Bei dieser stetes Wachsthum bis zum gänzlichen Untergang, beim Thiere nur zeitweilige Zunahme, dann Stillstand oder Abnahme. Bei jener keine besondere Vorbereitung der Nahrungsmittel, keine Abnutzung des einmal assimilirten, angebildeten Stoffes, beim Thier eine lange Reihe von Verdauungsvorgängen und ständiger Verbrauch und Zerfall der schon zu Formbestandtheilen des Körpers umgewandelten Stoffe. Bei jener, entsprechend der andauernden Anbildung, Ausscheidung von nur wenigen unbrauchbaren Stoffen durch die Oberfläche des Organismus, beim Thier, dem ständigen Zerfall der Gewebe und Gewebsflüssigkeiten entsprechend, auch ständige und quantitativ bedeutende Ausscheidung von Stoffen, deren verschiedenartige Qualität, neben der Oberfläche des Körpers, die Gegenwart und Hülfe noch anderweitiger ausscheidender Organe erforderlich machte! Doch es werden auch diese allgemeineren Verhältnisse leicht in die Augen springen, sobald wir nur die in Frage stehenden Lebensvorgänge im Speciellen verfolgt haben. Gehen wir also ohne Weiteres zur Darstellung derselben über. —

Wir wollen dabei auch hier wieder, um auf einem verwickelten Gebiete von Erscheinungen die Uebersicht nicht zu verlieren, die Wege selbst, welche die Nahrungsstoffe gehen, zum Anhalt nehmen, und ausgehend also von dem Uebertritt des Nahrungssaftes in die Gewebe des Thierkörpers und, im höhern Thiere, in das Gefäßsystem desselben, zunächst der Metamorphose des Nahrungssaftes zu Blut, der Verbreitung desselben in alle Theile des Organismus hinein, und den Apparaten,

welche für diese Verbreitung Sorge tragen; sodann der Beziehung des Blutes zu den den Verdauungsvorgängen dienenden, ihren Absonderungssaft also in das Innere des Körpers ergießenden Drüsen und zu dritt endlich der Bildung der einzelnen Formbestandtheile des Organismus vom Blute aus unsere Aufmerksamkeit zuwenden.

Ziehen wir zunächst nur die höhern Thierformen in Betracht, so wird der im Darmcanal zubereitete Nahrungssaft von zwei verschiedenartigen Gefäßsystemen aufgenommen: von dem Blutgefäßsystem, welches sich in der Form eines feinen Netzes in der Schleimhaut des Darmcanals verbreitet und von den sog. Chylusgefäßen, die insonderheit in den schon früher erwähnten Zotten des letztern ihren Ursprung nehmen. Es bilden diese Darmzotten warzenförmige Hervorragungen der Schleimhaut von $1/3$—$1/5$ ''' Länge (Fig. 183), und den ganzen

Fig. 183. *)

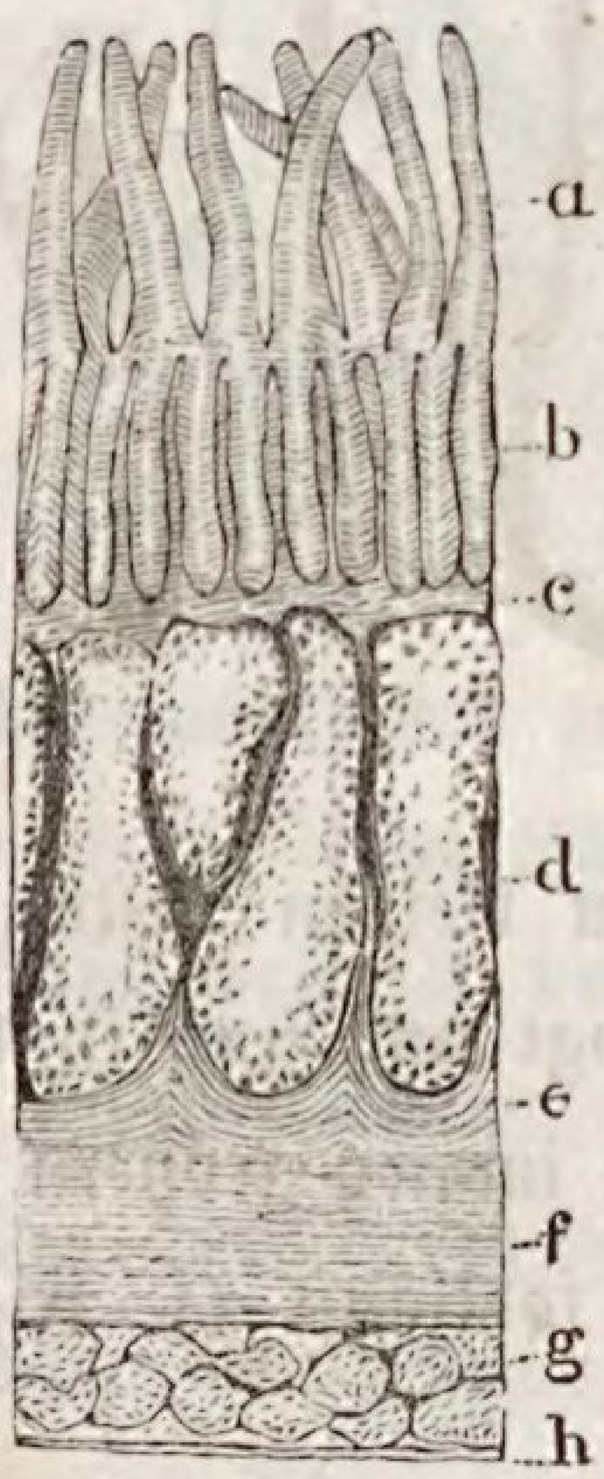
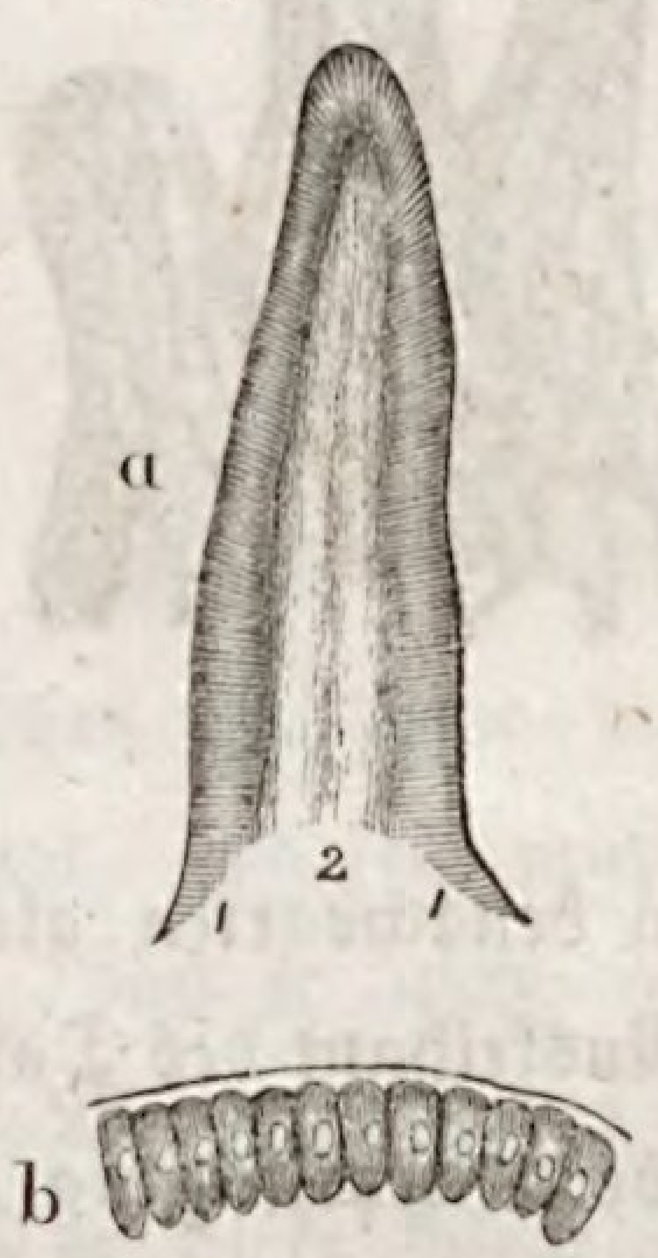


Fig. 184. **)



*) Durchschnitt durch die Wandungen des untersten Theiles des Dünndarms vom Kalbe. (Nach Kölliker Mikroscop. Anatom. S. 153. Bd. II. 2.) — a Darmzotten. b Die den Magendrüsen (Fig. 181) ähnlichen sog. Lieberkühn'schen Darmdrüsen. c Muskelfasern der Schleimhaut. d Geschlossene, sog. Peyer'sche Drüsenbälge, deren physiologische Bedeutung noch nicht klar erkannt ist. e Unterste Lage des Schleimhautgewebes. f Ringmuskelfasern, die den Darm ringförmig umfassen. g Längsmuskelfasern des Darms. h Aeußere glatte, seröse Haut des Darms.

**) Durchschnitt durch eine einzelne Darmzotte eines Kaninchens (c. 50mal

Dünndarm entlang vorhanden, stehen sie namentlich in den obern Theilen desselben (in dem sog. Zwölffinger- und Leerdarm) so dicht gedrängt, daß ihrer 50—90 den Raum von nur einer Quadratlinie bedecken, und der Schleimhaut selbst dadurch ein sammetartiges Ansehen verleihen. Unter dem Mikroscop betrachtet, zeigt ihr Bau aber folgende Eigenthümlichkeiten. Ihre Grundlage wird, gleich wie die der Schleimhaut, von einer bindegewebartigen Masse, welcher nach Brücke's neuern Untersuchungen an der Wurzel einige glatte Muskelfasern verbunden sind, gebildet. Diese Masse wird außen von einem Netz zartester Blutgefäße (Capillaren) umstrickt (Fig. 185) und enthält in ihrem Innern ein sog. Chylusgefäß, welches, blind beginnend, die Zotte alsbald verläßt,

Fig. 185.*)

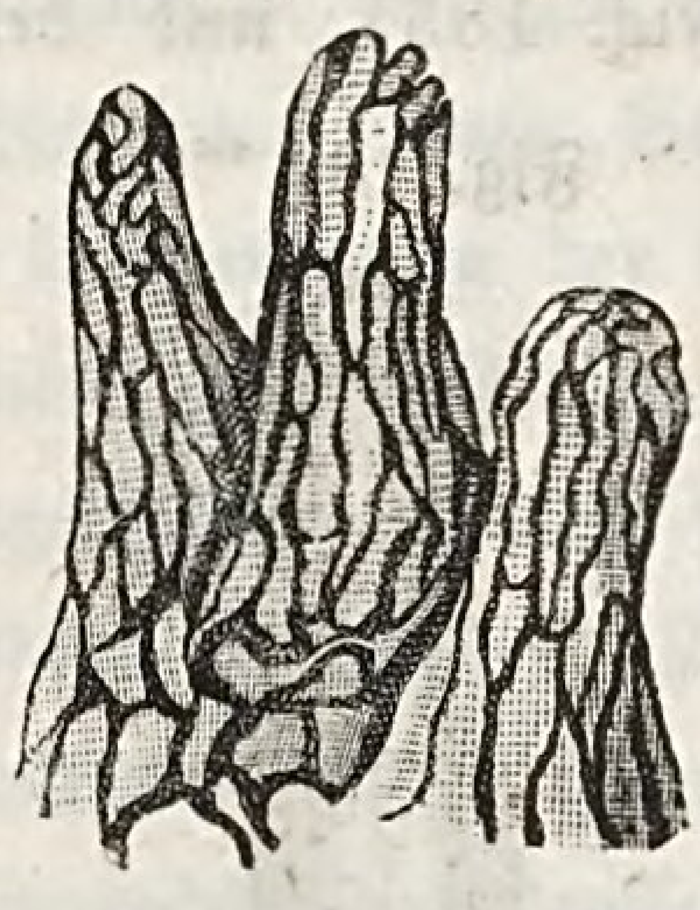
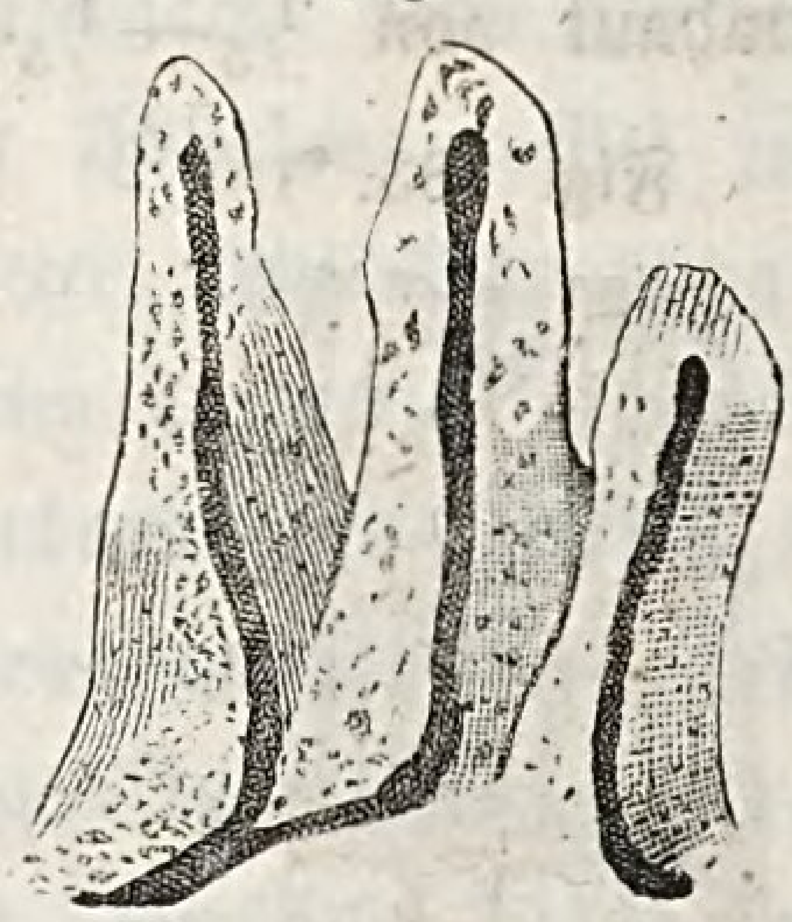


Fig. 186.**)



sich mit den benachbarten gleichen Gefäßen zu kleinen Aesten vereinigt, durch die Muskelhaut des Darms hindurchdringt und nun in der serösen Haut und deren Fortsetzung, dem Gekröse, zu immer größern Stämmen zusammenfließend, als sog. Lymphgefäß fortläuft (s. Fig. 186 u.

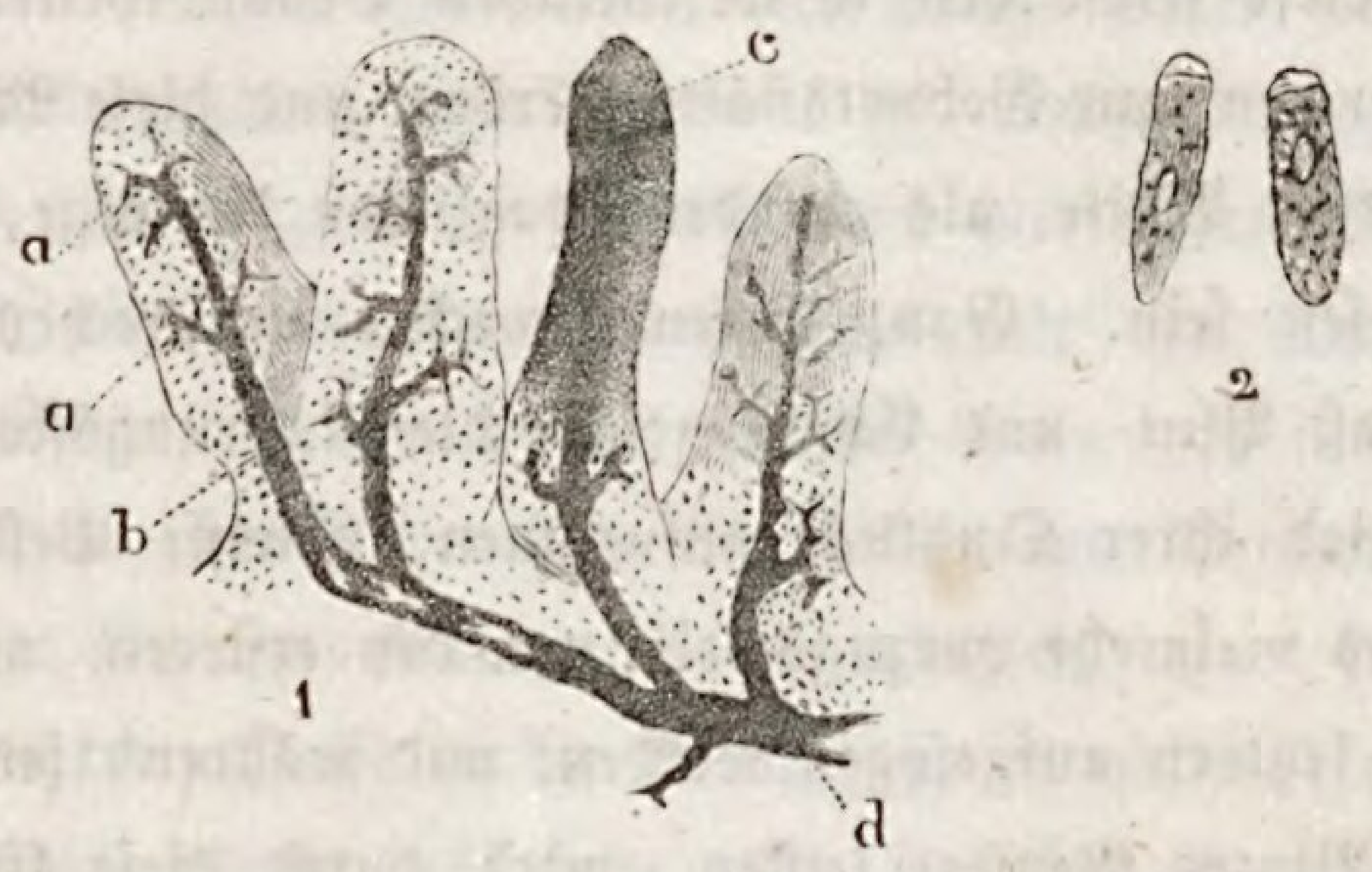
vergr. Nach Kölliker a. a. O.) a 1 1 Epithelialzellen, welche die Zotte bekleiden (dieselben sind in b bedeutend vergrößert dargestellt). — 2 Die eigentliche Zotte. —

*) Das Blutgefäßnetz menschlicher Darmzotten. — Die Epithelialzellen der Zotte sind entfernt. (Nach Kölliker a. a. O.)

**) Die centralen Chylusgefäße der Zotten, mit aufgesogenem Nahrungssafte (Körnchenmasse) erfüllt. — In dieser Weise finden sich die Chylusgefäße gegen das Ende der Auffaugungszeit. Auch hier sind die Epithelialzellen entfernt. (Nach O. Funke, Beiträge zur Physiologie der Verdauung in Siebold's und Kölliker's Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. 6. Hft. 3 u. 4. Taf. XII. Fig. 7.)

189). Dabei ist die Zotte an ihrer ganzen Oberfläche von dicht gedrängten, cylinderförmigen Epithelialzellen (s. Fig. 184 a u. b) bekleidet, und sollen Nahrungsmittel in die Blut- oder Chylusgefäße derselben eindringen, so müssen sie immer erst durch diese Zellenschicht hindurchtreten. Von da werden sie dann in die Blutgefäße aufgenommen, oder bahnen sich durch das Grundgewebe der Zotte hindurch, wie durch einen Schwamm, einen Weg, um so, bald in einzelnen Strömchen, bald auch das Zottengewebe ganz durchtränkend (Fig. 187), in die Nähe des

Fig. 187. *)



centralen Chylusgefäßes zu gelangen, welches sie dann in ähnlicher Weise, wie es die Blutgefäße thaten, aufsaugt. So fein muß also aller Nahrungsstoff vertheilt und aufgelöst sein, daß er nicht nur die geschlossenen Epithelialzellen, sondern auch die Wandungen der Blut- und Chylusgefäße durchdringen kann; und daß er diese Wege thatsächlich nimmt, davon überzeugen uns die mikroscopischen Untersuchungen der Darmzotten von Thieren, welche sich eben in dem Stadium der Verdauung befinden, wo die Aufsaugung der Nahrungsstoffe im Darmcanal Statt hat.

*) Die Darmzotten im Stadium der Aufsaugung selbst. — Die Fettkörnchen u. s. w. durchdringen die Epithelialzellen, die von den Zotten getrennt und bedeutend vergrößert dargestellt sind (s. 2.), bahnen sich in der Form kleiner Straßen (a a) den Weg zu dem centralen Chylusgefäß der Zotten (b) oder erfüllen dieselben auch ganz, wie bei c, und fließen endlich in einem mehren Zotten gemeinschaftlichen Chylusgefäßstamme (d) zusammen. (Nach Funke a. a. O.)

Doch wozu der doppelte Weg? Weshalb einerseits der directe Uebergang der Nahrungsstoffe in das Blutgefäßsystem, andrerseits aber der weite Umweg derselben durch die Chylus- und Lymphgefäße? Die Antwort ist nicht schwer. Ein Theil der Nahrungsstoffe mußte so rasch als möglich dem Blute einverleibt werden, damit gewisse durch Abgabe der Verdauungssäfte entstandene Verluste desselben wieder gedeckt, der Leber gleichzeitig aber auch gewisse, zur Gallebereitung erforderliche Stoffe zugeführt werden. Ein andrer Theil mußte dagegen vor seinem Uebertritt in's Blut noch gewisse Metamorphosen erfahren, mußte durch diese selbst den so wesentlichen Bestandtheilen des Blutes, den Blutkörperchen, zur Geburtsstätte werden, und diese Metamorphosen würden in andrer Weise, als auf dem fraglichen Umwege, schwerlich zu erreichen gewesen sein. Ganz diesen Zwecken entsprechend finden wir denn auch, daß Blut- und Chylusgefäße die Nahrungsstoffe nicht etwa ohne Unterschied ihrer Qualität aufnehmen, gewisse Bestandtheile des Nahrungssaftes vielmehr vorzugsweise von den ersteren, andre vorzugsweise von den letztern aufgesogen werden, und während jene den Anforderungen des Blutes Genüge leisten, wird durch diese für die Herstellung einer zellenbildungsfähigen Flüssigkeit Sorge getragen. Im Allgemeinen läßt sich in dieser Beziehung behaupten, daß diejenigen Stoffe, welche thierische Häute mit Leichtigkeit durchdringen, mit Leichtigkeit „resorbirt" werden, von den Blutgefäßen, diejenigen dagegen deren Resorptionsfähigkeit geringer ist, von den Chylusgefäßen aufgenommen werden. Fragen wir aber weiter, welches die mehr oder weniger resorptionsfähigen Stoffe sind, so wissen wir, daß die Blutgefäße, ohne eiweißartige Substanzen und Fett ganz auszuschließen, doch vorzugsweise das Wasser, den Alkohol, den Zucker, die organischen sowohl, als unorganischen Säuren, die neutralen Salze und gewisse Alkaloïde (s. Bd. I. S. 36), die Chylusgefäße dagegen vorzugsweise die eiweißartigen Stoffe und das Fett, in Verbindung mit einigen mineralischen Bestandtheilen, aufsaugen, eine Vertheilung, die denn in der That dort den Anforderungen des an Wasser und gewissen für die Erzeugung der thierischen Wärme u. s. w. erforderlichen Stoffen verarmten Blutes, hier aber denjenigen einer zellenbildungsfähigen Flüssigkeit entspricht. — Und was zwingt den Stoff überhaupt, sei es in Blut- oder Chylus-

gefäße, überzutreten? Weshalb setzen sie nicht, unbekümmert um die Gefäße, ihren Weg durch den Darmcanal fort? In Betreff der Darmzotten befinden wir uns in dieser Beziehung leider noch sehr im Dunkeln. Wir wissen nur, wie bereits früher erwähnt, daß eine Benetzung des Epithelialzellenüberzuges der Zotten mit Galle die wesentlichste Bedingung für die Auffsaugung des Fettes bildet, und werden damit zu der Vorstellung hingedrängt, daß es sich hier zum Theil wenigstens um mechanische Verhältnisse handelt. Ob dies jedoch der einzige Grund der fraglichen, namentlich auch die eiweißartigen Substanzen betreffenden Auffsaugung ist? — Wir werden auf diese Frage später, bei Betrachtung der Drüsenabsonderungen, zurückkommen. — Anders dagegen in Betreff der Blutgefäße. In Bezug auf sie trifft auch hier unser obiger Vergleich der innersten Zellenlagen des Darmcanals mit den Wurzelzellen der Pflanze zu. Denn, in der That, wie bei ihnen, so scheint auch hier die Stoffaufnahme von Seiten der Blutgefäße mit Nothwendigkeit nach den Gesetzen der En- und Exosmose zu erfolgen, und zwar der Art, daß gewisse Nahrungsstoffe in die Blutgefäße eintreten, diese dafür aber gewisse zur Ausscheidung bestimmte oder für den Verdauungsvorgang selbst noch verwendbare Stoffe, insonderheit Wasser, zurückgeben. — Die schönen Arbeiten von Liebig, Funke, Bidder, Lenz, Becker, Lehmann u. A. haben uns in neuerer Zeit in dieser Beziehung manche überaus interessante Aufschlüsse gegeben. Einmal wissen wir, und insonderheit Liebig hat darauf in seinen Untersuchungen über die „Ursachen der Säftebewegung im thierischen Organismus“ aufmerksam gemacht, daß es sich hier um durchaus ähnliche Verhältnisse handelt, wie in der Pflanze. Gleich wie in dieser findet an der Oberfläche des thierischen Organismus, und nicht minder auf der Schleimhaut der Athmungsorgane, ständig eine Verdunstung von Wasser Statt. Die Folge davon ist, daß das Blut, abgesehen von der Ausgabe des Wassers auf andern Wegen, ständig einen gewissen Concentrationsgrad bewahrt, und als weitere Folge ergiebt sich, daß die concentrirtere Flüssigkeit ständig auch eine anziehende, auffsaugende, je nach dem Concentrationsgrade selbst stärkere oder schwächere Wirkung gegen den wasserreicheren, verdünnteren Inhalt des Darmcanals ausübt. Andrerseits wird aber die fragliche Stromrichtung noch durch manche besondere

Verhältnisse begünstigt, und als solche kennen wir insonderheit die alkalische Beschaffenheit des Blutes gegenüber der sauren des im Darmcanal enthaltenen Nahrungssaftes, die fortwährende Bewegung des Blutes, wodurch in jedem Augenblick die aufsaugende Flüssigkeit erneuert und der Eintritt eines Gleichgewichtszustandes zwischen Blut und Darminhalt vermieden wird, die Anziehung, welche das Blut auf zuckerhaltige Flüssigkeiten ausübt u. s. w. In Betreff des letztern Verhältnisses hat uns namentlich Becker durch eine Reihe trefflicher Experimente Aufschluß gegeben. Ihm verdanken wir den Nachweis, daß für jedes in das Blut übertretende Zuckertheilchen etwa sieben gleiche Gewichtstheilchen Wasser vom Blute zurückgegeben und in den Darmcanal hinein abgesondert werden, ein Verhältniß, welches sich bei Diffusionsversuchen außerhalb des Organismus in gleicher Weise bestätigt findet und einen Beweis dafür liefert, daß der Diffusionsvorgang selbst in die Vorgänge der Auflösung der Nahrungsmittel im Darmcanal noch wieder fördernd eingreift. Welch' wunderbare Complication und Harmonie der verschiedenartigsten Vorgänge! Verschiedenartiges Aufsaugungsvermögen der Chylusgefäße einer-, der Blutgefäße andrerseits; in Folge davon Trennung der Nahrungsstoffe in ein zellenbildungsfähiges Material und in ein schleunig erforderliches Ersatzmaterial für das verarmte Blut; gleichzeitig ein Austausch der in das Blut aufzunehmenden Stoffe gegen andre, die im Darmcanal selbst noch verwandt werden sollen, und nicht etwa nur als gleichgültiges Tauschquantum zu betrachten sind; gleichzeitig ferner ein ständiger Fortlauf der Verdauungsvorgänge im Darmcanal, allmälige Veränderung der Reaction seines Inhaltes*) und damit wieder Veränderung und allmähliger Nachlaß der Aufsaugung von Seiten der Blut- und Chylusgefäße selbst! —

Doch wir dürfen uns hier nicht näher auf die Darlegung dieser Verhältnisse einlassen. Genüge es, angedeutet zu haben, daß zwischen Blut und Darminhalt ähnliche Beziehungen statthaben, wie zwischen dem Inhalt der Wurzelzellen der Pflanze und den den Erdboden tränkenden Flüssigkeiten, daß die Stoffaufnahme von Seiten des Blutes von strengen Gesetzen beherrscht ist, und ihnen zufolge ihm die im Darmcanal enthaltenen Nahrungsstoffe eben zufließen müssen. Verhehlen

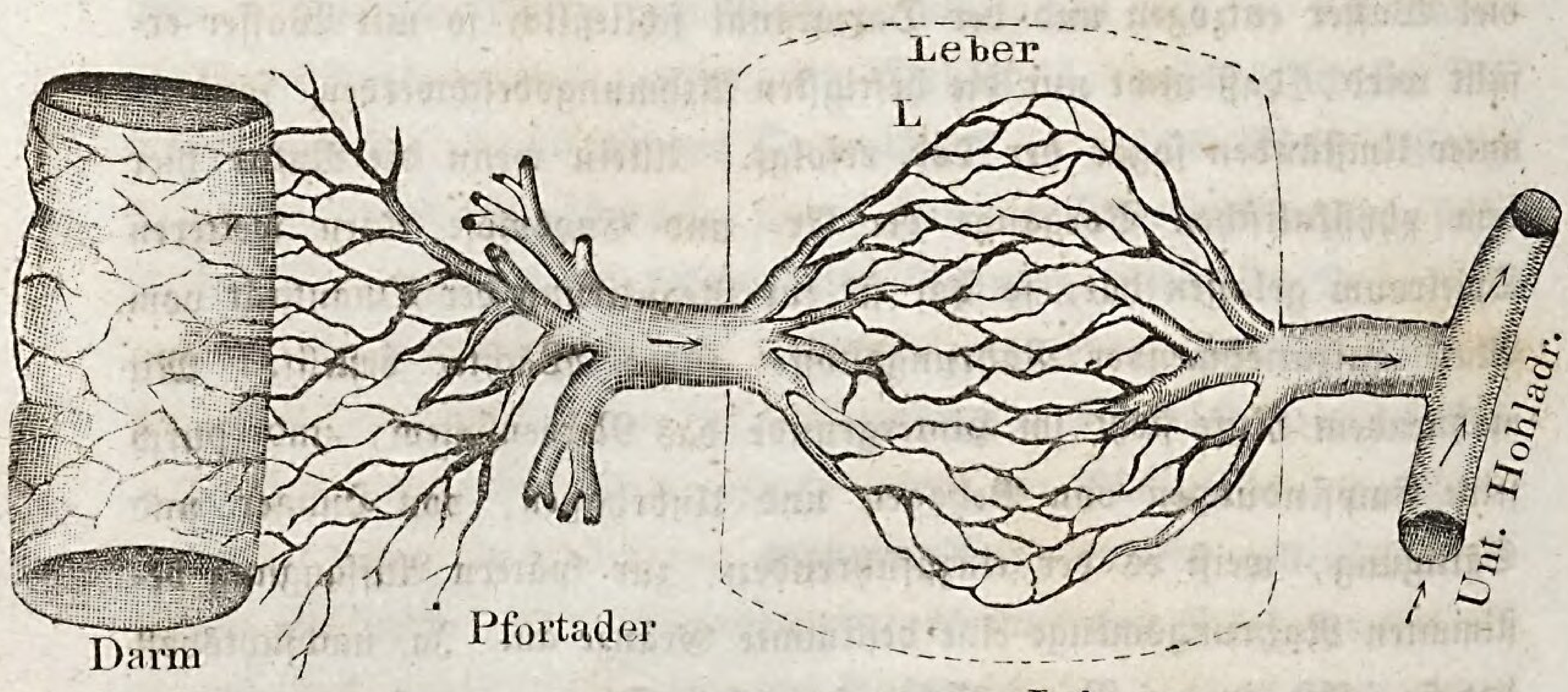
*) S. Vortrag 12. S. 226.

wir es uns dabei jedoch nicht, daß sich diese Gesetze im Allgemeinen mehr auf den Gesammtvorgang der Stoffaufnahme, als auf die Quantität der aufzunehmenden Stoffe zu erstrecken scheinen. Nur zu wohl wissen wir aus täglicher Erfahrung, daß gar leicht vom Blute dem Wohlbefinden nachtheilige Mengen von Nahrungsstoffen und Getränken aufgenommen werden, wissen es ferner, daß durch Ueberfüllung des Darmcanals mit gewissen Stoffen dem Blute auch immer gewisse Bestandtheile zum Nachtheil der Gesundheit entzogen werden, wie es denn z. B. Thatsache ist, daß durch die Anfüllung des Darmcanals eines Thieres mit einer sehr concentrirten Zuckerlösung dem Blute so viel Wasser entzogen und der Darmcanal schließlich so mit Wasser erfüllt wird, daß nicht nur die heftigsten Athmungsbeschwerden, sondern unter Umständen sogar der Tod erfolgt. Allein wenn die Natur hier dem physikalischen Vorgange der Ex- und Endosmose einen weiteren Spielraum gelassen hat, so hat sie zur Regulirung der Quantität vom Blute aufzunehmender Nahrungsstoffe andre Wächter bestellt. Mit mahnendem Rufe steht im Hintergrunde das Nervensystem, und durch seine Empfindungen von Behagen und Unbehagen, von Hunger und Sättigung, weist es der einzuführenden, zur spätern Auffaugung bestimmten Nahrungsmenge eine bestimmte Gränze an. Ja, nachsichtsvoll hat sie selbst, in der Voraussicht oft tauben Ohren zu rufen, noch eine weitere Vorsicht getroffen. Sie hat die Menge der Verdauungssäfte bestimmt und beschränkt. Was diese beschränkte und doch genügende Menge nicht aufzulösen vermag, muß ungelöst den Darmcanal wieder verlassen. Zu großer Nachtheil wird damit verhütet. Aber die unbehaglichen „Verdauungsbeschwerden" mahnen den Unfolgsamen doch an die Unzufriedenheit seiner „Natur," und schwere Strafen verhängt sie über den oftmaligen Ungehorsam. —

So also treten die Nahrungsstoffe in den Wirbelthieren in Blut und Chylusgefäße ein. Wohin führt sie jetzt ihr Weg? Wie werden sie fortbewegt? Wir sind darüber nicht mehr im Zweifel. Die zarten Blutcapillaren vereinigen sich, sobald sie die Zotten und übrige Schleimhaut des Darmcanals verlassen haben, zu immer stärkern und wenigern Aesten, fließen schließlich zu einem großen, gemeinschaftlichen Stamm, der sog. Pfortader zusammen, treten, so vereinigt,

in die Leber ein, und verzweigen sich hier nun wieder in tausend Aesten und Zweigen, um sich nach Abgabe gallebildender Stoffe abermals, und zwar in der Leber selbst, zu vereinigen und, als sog. Lebervene, der alsbald in das Herz einmündenden untern Hohlvene zu verbinden. Das ist das Bild eines Baumes, der mit Tausenden von Wurzelfasern im Darmcanal wurzelt, dessen Stamm ein Verbindungsglied bildet zwischen Darmcanal und Leber, dessen Krone sich aber in der Leber selbst verzweigt und unmittelbar in die Wurzelfasern eines neuen Stammes übergeht. Ein schematisches Bild mag uns das veranschaulichen (Fig. 188).

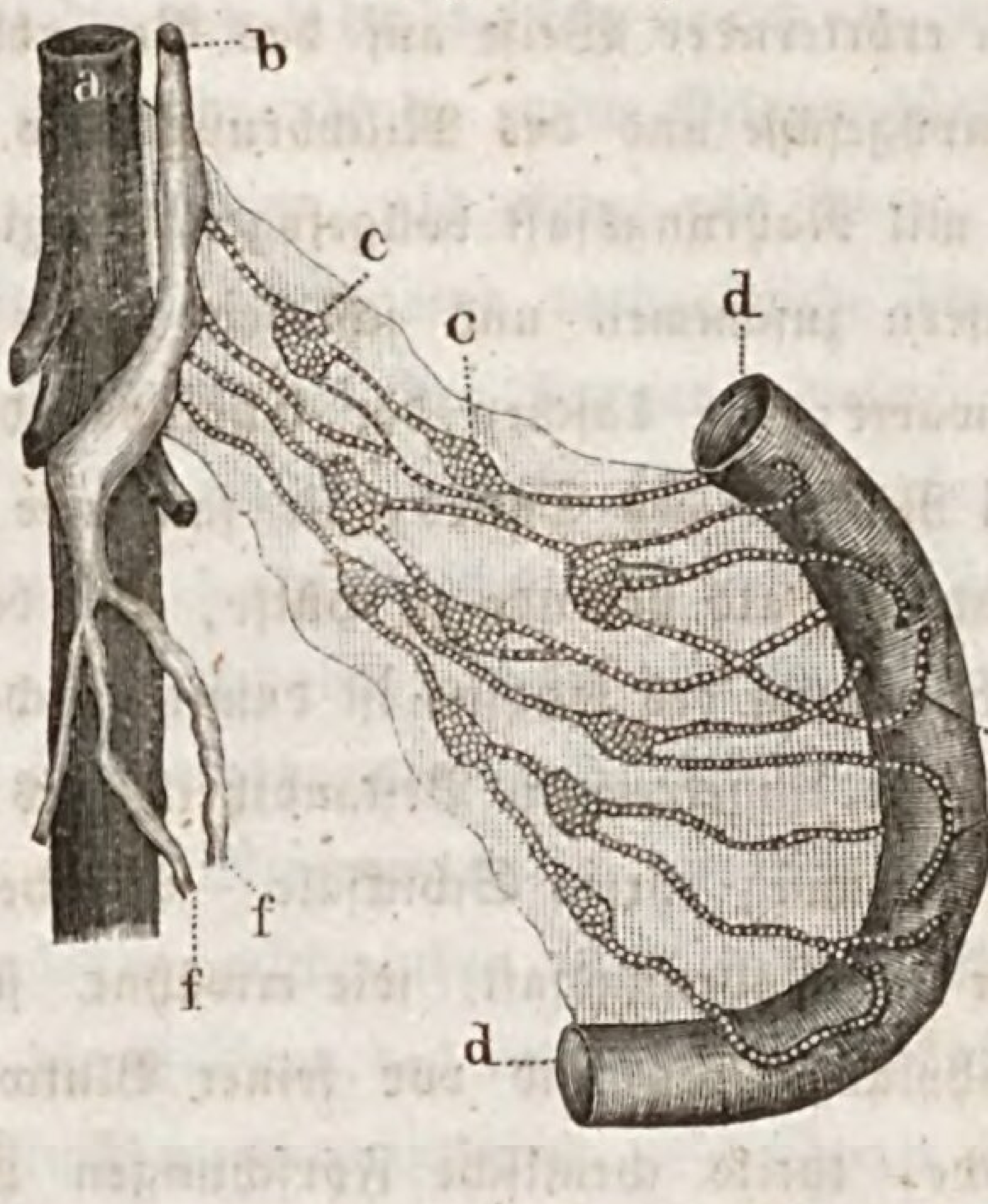
Fig. 188.



Anders aber mit den Chylusgefäßen. Wir verließen dieselben oben als Lymphgefäße im Gekröse und wissen es schon aus einem frühern Vortrage (Bd. I. S. 218), daß sie sich in letzterem zu immer stärkeren Aesten vereinigen und schließlich zu einem einzigen größern Stamm, dem sog. Milchbrustgang zusammentreten, welcher, vor der Wirbelsäule in die Höhe steigend, in der Gegend oberhalb des linken Schlüsselbeins in gewisse Blutadern (Venen) einmündet, und in diese hinein seinen Inhalt ergießt. Es bedarf hier jedoch noch der Erwähnung, daß die den später zu betrachtenden Venen sehr analog gebauten Lymphgefäße bei den höhern Wirbelthieren auf ihrem Wege im Gekröse gewisse Drüsen, die sog. Lymphdrüsen des Gekröses durchsetzen, um sich in diesen selbst zu verzweigen, an der dem Eintritt entgegengesetzten

Seite aber wieder als einfacher Stamm hervorzutreten (Fig. 189).

Fig. 189. *)



Durch diese Einrichtung wird eine Verlangsamung des Lymphstromes in den Drüsen selbst bedingt, es wird Zeit gewonnen, um einen Austausch zwischen gewissen Bestandtheilen des Blutes und des Chylus eintreten, und den letztern wichtige Metamorphosen erfahren zu lassen, ein Vorgang, welcher uns sehr wohl in seinen sogleich zu bezeichnenden Resultaten, weniger jedoch und kaum in seinem Wesen bekannt ist. —

Der Blutstrom also wendet sich der Leber zu; der Lymph- oder Chylusstrom steigt direct in die Höhe. — Die treibenden Kräfte für diese Bewegungen sind für den ersteren dieselben, welche die Strömung des Blutes überhaupt unterhalten. Für den Lymphstrom bedarf es dagegen besonderer Hebungs- oder Beförderungsmittel, und diese haben wir einmal in den oben (S. 236) erwähnten, den Wurzeln der Darmzotten vereinigten glatten Muskelfasern, sodann in den taschenförmigen,

*) Lymphgefäße und Lymphdrüsen im Gekröse zwischen Darmcanal und Milchbrustgang. a Die Aorta. b Milchbrustgang. cc Lymphdrüsen, zwischen und zu denen die Lymphgefäße verlaufen. ee Abgang der Chylusgefäße vom Darmcanal (dd). ff Lymphgefäße, die aus den untern Extremitäten u. s. w. zum Milchbrustgang verlaufen. Copie nach Milne-Edwards a. a. O. S. 58.

den Rückfall des Chylus verhindernden Klappen der Lymphgefäße, endlich aber auch in der saugenden Kraft zu suchen, welche die Athmungsorgane in später zu erörternder Weise auf das Venenblut sowohl, als den Inhalt der Lymphgefäße und des Milchbrustganges ausüben. Hat sich die Darmzotte mit Nahrungssaft vollgesogen, so ziehen sich die bezeichneten Muskelfasern zusammen und schieben damit den Inhalt des Chylusgefäßes vorwärts; die Taschen der Chylus- oder Lymphgefäße verhindern jetzt den Rückfall des Saftes; die saugende Kraft der Athmungsorgane kommt aber als hebende zu Hülfe, und das Emporsteigen oder die Vorwärtsbewegung des Chylus ist damit gesichert. —

Die in das Blut eingetretenen Bestandtheile des Nahrungssaftes überlassen wir jetzt vorläufig ihrem Schicksale. Welches aber sind die Metamorphosen, die der Nahrungssaft, wie erwähnt, sofort nach seiner Ankunft in den Chylusgefäßen und vor seiner Blutwerdung erfährt? Theils mikroscopische, theils chemische Forschungen haben uns Aufklärung darüber verschafft. Wir fassen die Ergebnisse derselben kurz in Folgendem zusammen:

In den ersten Anfängen der Chylusgefäße und ebenso in den die Darmzotten bekleidenden Epithelialzellen (s. Fig. 187 S. 237), findet man vorzugsweise kleinste Körnchen und Fetttröpfchen, welche massenhaft in einem weißgelblichen, milchigen, vorzugsweise aus eiweißartigen Stoffen bestehenden Fluidum suspendirt sind. Dieser Inhalt der Chylusgefäße, kaum noch verschieden von dem Nahrungssafte innerhalb des Darmcanals, wird vorwärts geschoben. Aber kaum jenseits der Wand des Darmcanals angelangt, hat er schon eine andre Beschaffenheit. Die Fetttröpfchen sind meistens verschwunden; an ihrer Statt ist neben einzelnen ausgebildeten Zellen (Kölliker) eine große Anzahl dunkler, kleiner Körnchen aufgetreten, Körnchen, welche nach H. Müller's Untersuchungen aus Fett und eiweißartiger Substanz bestehen, und sonder Zweifel als die Kerne der sich weiterhin entwickelnden, zelligen sog. Chyluskörperchen zu betrachten sind. Der so beschaffene Inhalt der Lymphgefäße des Gekröses dringt wieder weiter vor. Er passirt die Lymphdrüsen. Und wie verhält er sich jenseits derselben? — Es muß in diesen Lymphdrüsen ein für die Zellenbildung wesentliches, uns noch unbekanntes Moment verborgen liegen, denn, auffallend genug,

jenseits von ihnen enthält der jetzt gelblich-weiße Chylus nicht nur Kerne, sondern auch eine große Anzahl 0,002—0,004 ''' im Durchm. haltender Zellen, die sog. Chyluskörperchen, und diese Zellen nun geben sich um so mehr als die ersten Bildungsstadien der zukünftigen Blutkörperchen zu erkennen, als einige von ihnen, und namentlich in dem Milchbrustgange, schon eine rothgelbliche Färbung zeigen (Fig. 189 a). Wir kommen auf den Vorgang dieser Zellenbildung später wieder zurück.

Fig. 189 a.*)



Als eine besondere und auffallende Erscheinung sei hier jedoch schon hervorgehoben, daß die Kerne wahrscheinlich schon während der Ausbildung der Zellen verschiedene Metamorphosen durchlaufen, daß sie als solche nach und nach wieder verschwinden, das endliche Resultat ihrer Metamorphosen aber die Bildung des rothen Blutfarbstoffes ist, welcher den nun kernlosen Blutkörperchen inhärirt. — Damit hat der Chylus den höchsten Grad seiner Entwicklung erreicht. Er bildet jetzt ein rahmartiges, gelblich-weißes, Zellen tragendes Fluidum, welches in 1000 Th. etwa 935 Th. Wasser, 31 Th. Eiweiß, 4 Th. Zellen oder sog. Chyluskörperchen, 6 Th. nicht näher bestimmbare Extractivstoffe und eine nicht näher bestimmte Menge Faserstoff, 15 Th. Fett, 7 Th. Alkalisalze, 1 Th. Erdsalze und Spuren von Eisen enthält, eine Angabe, welche Nasse's Analyse des Chylus vom Pferde entnommen ist und, in Ermangelung einer Analyse vom menschlichen Chylus, ein allgemeines Bild von seiner Zusammensetzung geben mag. — Diese so gemischte, nach einer langen Reihe von Metamorphosen aus den Nahrungsstoffen hervorgegangene Flüssigkeit wird nun an der schon bezeichneten Localität dem Blute beigemischt,**) gelangt mit diesen zunächst in das

*) Chyluskörperchen oder Lymphkörperchen auf verschiedenen Stadien der Entwicklung aus dem Milchbrustgang des Menschen; a zeigt noch keine Zellenmembran, bei den übrigen hat sich dieselbe schon vom Kern abgehoben. 450—500mal vergröß. (Nach Ecker's Icon. physiol. Tab. III. Fig. 1 u. 2.)

**) Die Angaben über die täglich dem Blute zufließende Menge des Chylus differiren noch sehr. Während sie Vierordt für den erwachsenen Menschen auf circa 5 Pfd. schätzt, berechnet Bidder, daß sie eben so

Herz, von ihm aus in die Lungen, wird dort dem Einfluß des Sauerstoffs der Luft ausgesetzt, kehrt aus den Lungen wieder zum Herzen zurück, um endlich dann, und zwar durch das Blutgefäßsystem, in alle Theile des Körpers hinein verbreitet zu werden. — Doch um sie auf diesen ihren weiteren Bahnen verfolgen zu können, wird uns die Kenntniß der Bahnen selbst zur Nothwendigkeit. Lassen wir also für einen Augenblick auch den Chylus und seine weitere Verwendung außer Augen, und eilen, uns in Kürze mit dem Bau des Blutgefäßsystems, des sog. Cirkulationsapparates bekannt zu machen.

Im Allgemeinen bildet das Blutgefäßsystem der Wirbelthiere ein den ganzen Organismus durchziehendes, überall geschlossenes System von baumförmig verzweigten Röhren und feinsten Canälen, in dem das Blut vermöge verschiedener, zusammenwirkender Vorrichtungen und Kräfte, insonderheit aber vermöge des von dem Centralorgane des ganzen Apparates, dem Herzen, ausgeübten Druckes in raschem Flusse bewegt wird. Die Einrichtung der Röhren oder Canäle bleibt dabei überall dieselbe; das Centralorgan ist dagegen verschieden gebaut; anders bei den Fischen, anders bei den Amphibien, anders endlich bei den Vögeln und Säugethieren. Worin bestehen zunächst diese Verschiedenheiten?

Das Herz der Säugethiere und Vögel bildet einen kräftigen, derben, aus längs und quer verlaufenden Muskelbündeln bestehenden Schlauch, der, eingeschlossen in dem derbhäutigen, zum Theil mit einer klaren, gelblichen Flüssigkeit erfüllten Herzbeutel, durch diesen in seiner Lage befestigt, von den umgebenden Organen getrennt, und in seinen Bewegungen vor schädlichen Frictionen geschützt wird. Sowohl die Innenfläche des Herzbeutels, als die Oberfläche des Herzens selbst sind dabei von einer äußerst glatten, sog. serösen Membran überzogen, eine Einrichtung, durch welche der Schutz vor den eben angedeuteten Frictionen nur noch um so bedeutender wird. Und wie auf der Oberfläche, so ist der Herzmuskel auch im Innern von einer feinen, glatten, mit plattgedrückten Epithelialzellen bekleideten Haut überzogen, so daß das

---

groß sei, als die gesammte Blutmenge. (Vgl. Bidder und Schmidt: Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel. S. 233.) —

Blut nicht unmittelbar mit dem Muskel, sondern zunächst mit dieser Haut in Berührung steht. Doch es ist das Herz kein einfacher Schlauch.

Fig. 190.*)

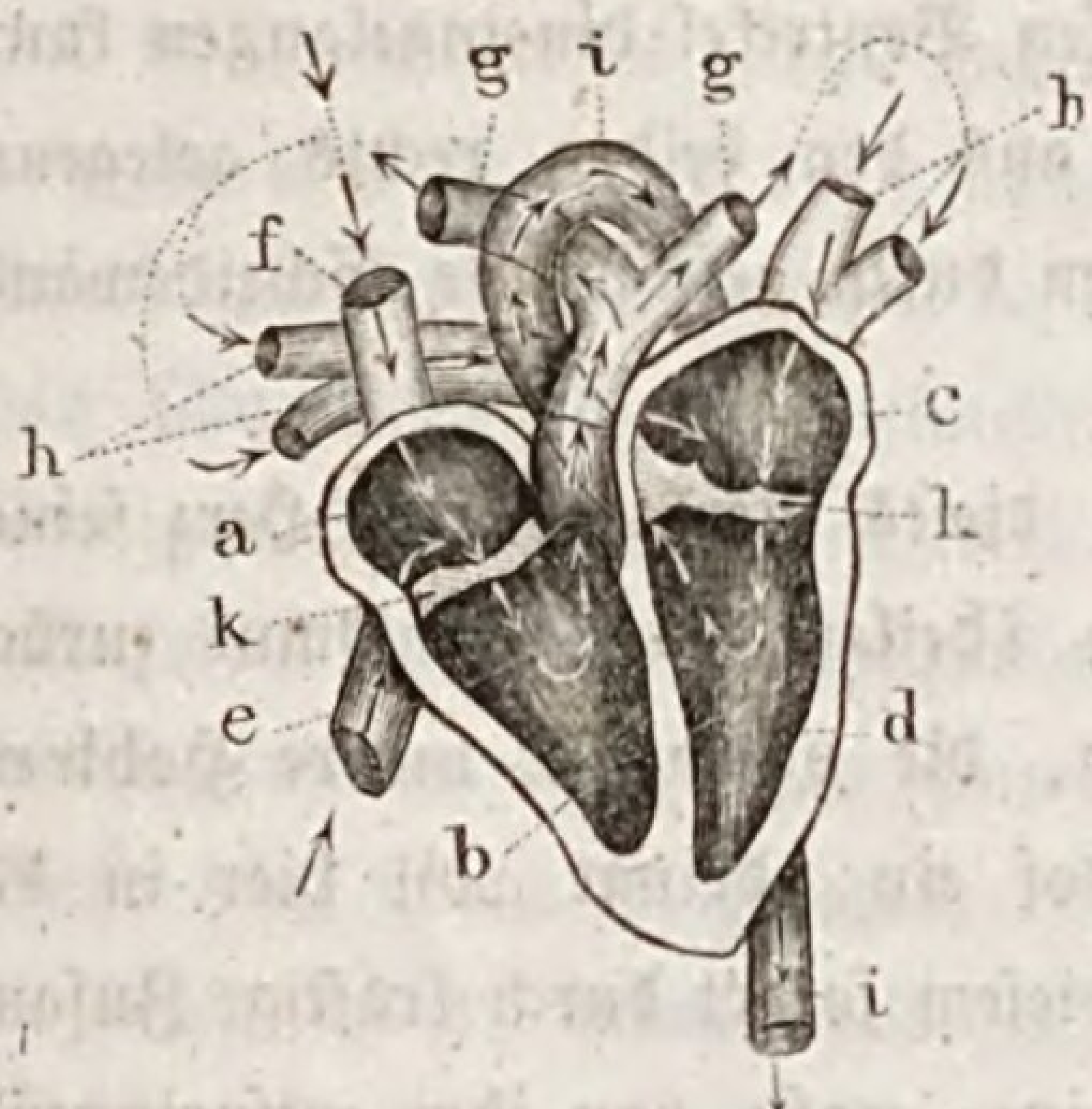
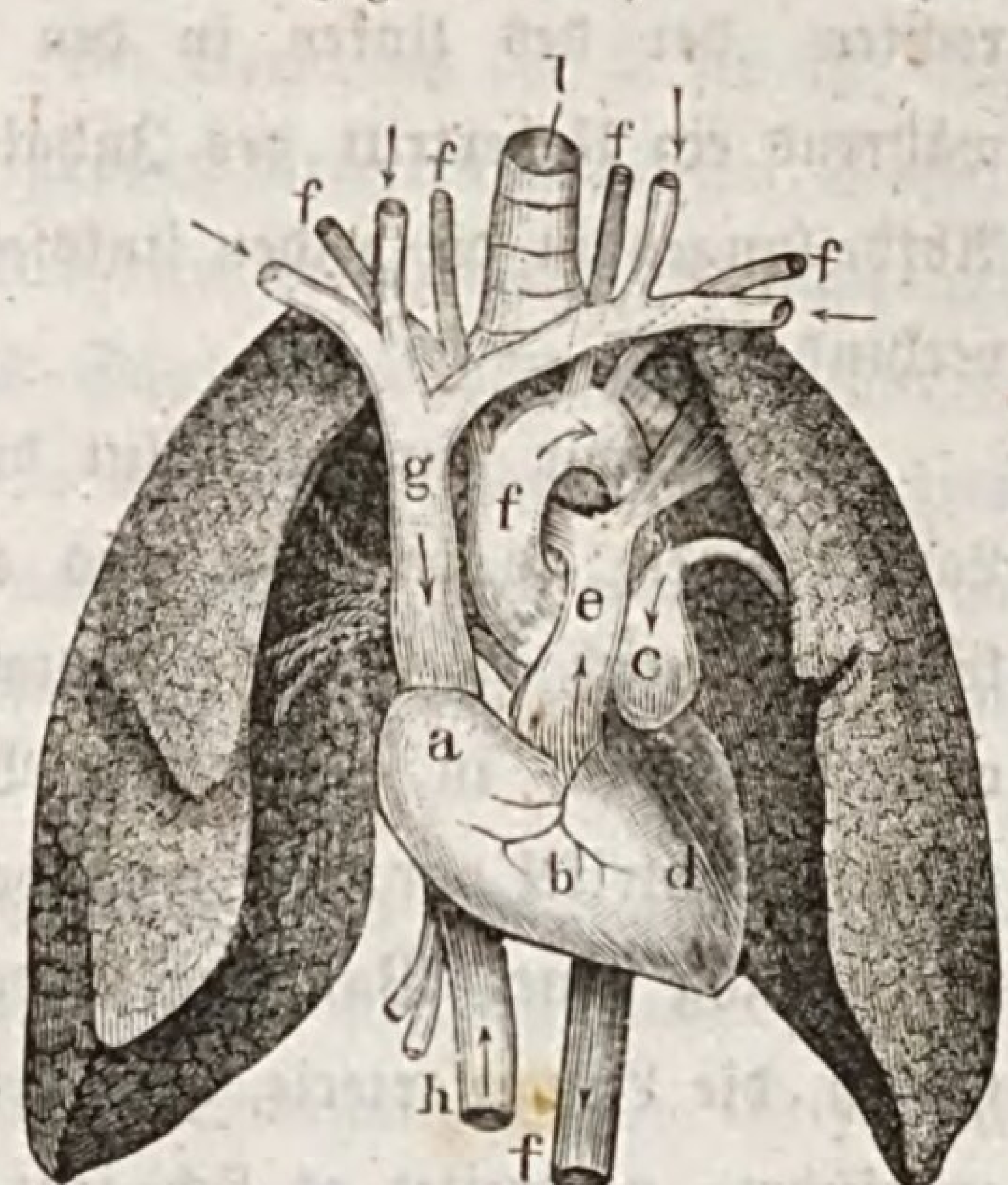


Fig. 191.**)



Durch Scheidewände ist es vielmehr in vier verschiedene Abtheilungen getheilt, und zwar in zwei obere, die die **Vorhöfe des Herzens** oder die **Herzohren** genannt werden und nur schlaffe Wandungen besitzen (Fig. 190 a und c), und zwei untere, die sog. **Herzventrikel**,

---

*) **Schema eines Säugethierherzens.** Die Pfeile zeigen den Lauf des Blutes durch das Herz und die von ihm entspringenden großen Blutgefäße an. Das Blut tritt durch die obere (f) und untere (e) Hohlvene in den rechten Vorhof (a) ein, tritt durch die Scheidewand (k) in den rechten Ventrikel (b), von da in die sich alsbald in zwei Aeste spaltende Lungenarterie (g g), durch die Lungen, und durch die Lungenvenen (h h) zurück zum linken Vorhof (c); dann wieder tritt es durch die Scheidewand k in den linken Ventrikel (d) und von dort in die Aorta (i), die über dem Herzen in einem Bogen nach hinten und hinter dem Herzen abwärts verläuft. —

) Lungen und Herz mit denselben Gefäßen wie in Fig. 190 vom Menschen (von vorn). g Obere, h untere Hohlvene. a Rechter Vorhof. b Rechte Kammer. e Lungenarterie. c Linker Vorhof. d Linke Kammer. f Aorta, von deren Bogen hier die für Hals, Kopf und Arme bestimmten Zweige entspringen, ebenso wie die Zweige der obern Hohlvene, die vom Hals und Kopf zurückkehren, angegeben sind. l Luftröhre. — (Beide Fig. nach **Milne-Edwards a. a. O. S. 17 u. 18).

oder Herzkammern, die von einer sehr kräftigen Muskelwand umgeben sind (Fig. 190 b und d), und diese Abtheilungen communiciren nun der Art miteinander, daß der Inhalt des rechten Vorhofs in den rechten, der des linken in den linken Ventrikel hineingelangen kann, während ein Uebertritt des Inhaltes aus den beiden rechts gelegenen Abtheilungen in die beiden linksseitigen durch geschlossene Scheidewände verhindert ist. —

Lassen wir nun das Blut durch dieses vierkammerige Herz seinen Lauf nehmen, so tritt es, aus allen Theilen des Organismus zurückkehrend, durch zwei große Blutadern, die obere und untere Hohlvene oder Hohlader, in den rechten Vorhof ein; dringt von hier in den rechten Ventrikel vor, und wird von diesem sofort durch kräftige Zusammenziehung seiner Wandung in das eine, große, von ihm entspringende Gefäß, die Lungenarterie, vorwärts getrieben. Von dieser den Lungen zugeführt, verbreitet es sich jetzt in denselben in den Tausenden feiner und feinster Aeste und Aestchen, in welche sich die Lungenarterie selbst verzweigt, kehrt aber sofort auch in den sich allmählig wieder zu größern Stämmen und Aesten vereinigenden Blutgefäßen aus den Lungen zurück, um schließlich in drei oder vier Canälen abermals ins Herz, und zwar in den linken Vorhof einzutreten. Von diesem fließt es dann der linken Herzkammer zu, die es mit kräftigem Drucke wieder in das eine große, von ihr auslaufende Gefäß, die große Körperschlagader oder Aorta, hineinpreßt und somit den Hauptanstoß zu seiner weitern Vertheilung im ganzen Organismus giebt. — Und weshalb dringt das Blut immer vorwärts? Weshalb tritt es nicht, von den Ventrikeln gepreßt, rückwärts in die Vorhöfe, oder in den großen Arterien angelangt, von diesen rückwärts in die Herzkammern zurück? Durch einen staunenerregenden Mechanismus hat die Natur auch hier ihre Zwecke zu erreichen gewußt. Da, wo sich die Communicationsöffnungen zwischen Vorhof und Ventrikel finden, hat sie äußerst zarte, mit Sehnenfäden an der innern Herzwand befestigte Klappen angebracht, die dem vom Vorhofe in den Ventrikel hineinströmenden Blute keinen Widerstand entgegensetzen, dem von den Ventrikelwandungen gepreßten Blute aber, durch ein segelförmiges Aufblähen den Rücktritt versperren. Und da, wo sich die Arterien vom Herzen abzweigen, findet sich eine ähnliche

Einrichtung. Offen ist der Weg stets dem vorwärts eilenden Strome, aber mit wunderbar festem Verschluß stellen sich drei zarte Klappen, die der Innenwand der Arterien anhängen, seinem Falle nach unten und in die Ventrikel zurück entgegen, ein Verschluß der so fest ist, daß von einem senkrecht in die geöffneten großen Arterien geleiteten Wasserstrahl auch nicht ein Tropfen in die Ventrikel des Herzens hineingelangt, das sämmtliche Wasser vielmehr als Säule von den zarten taschenförmigen Klappen getragen wird. So muß also das Blut vorwärts, und so oft es auch den Herzschlauch ausdehnt, es wird eben so oft von seinen Zusammenziehungen hinausgetrieben, um ohne Rast und ohne Ruhe seine Wege fortzusetzen.

Es bedarf kaum noch der Bemerkung, daß das, was wir den Schlag des Herzens nennen, das oft sicht- und fast immer fühlbare Zeichen dieser seiner ständig wechselnden Bewegungen ist. Es scheint, daß der Herzschlauch bei jeder seiner Zusammenziehungen eine wellenförmige (beim Menschen in der schrägen Richtung von rechts oben nach links unten verlaufende) Bewegung macht, sich dabei von links nach rechts etwas um seine Längsachse dreht, seine nach unten gerichtete Spitze emporhebt, und daß nun durch Anschlag dieser an die vordere Brustwand der sog. Herzstoß verursacht wird. *) Insonderheit für den Arzt ist es aber wichtig zu wissen, daß jene Bewegungen gleichzeitig von zwei bestimmten, durch das Stethoscop wahrnehmbaren Tönen, dem Tik-Tak einer Wanduhr vergleichbar, begleitet sind, deren erster mit dem Acte der Zusammenziehung des Herzens zusammenfällt und durch den Anschlag des in den Ventrikeln enthaltenen Blutes gegen die Klappen zwischen Vorhof und Ventrikel verursacht, deren zweiter dagegen mit dem Acte der Herzausdehnung zusammentrifft und sehr

---

*) Diese Angaben entnehme ich eigenen oftmaligen Beobachtungen an einem 17jährigen jungen Manne, Eugen Groux, dem das Brustbein fehlte. Das Herz war großen Theils nur von der äußern Körperhaut bedeckt und man konnte in dieser Weise die Bewegungen desselben aufs Schönste beobachten. Von der Richtigkeit der Angaben werden sich manche Aerzte in Deutschland überzeugt haben, denen ich den Patienten vom deutschen Hospital in London aus, wo ich ihn 1849 zuerst kennen lernte, zuschickte.

wahrscheinlich durch den Rückstoß des in die Lungenarterie und die Aorta getriebenen Blutes gegen die drei halbmondförmigen Klappen erzeugt wird. Sobald nämlich irgend eine der Klappen in Folge entzündlicher und anderer Vorgänge im Herzen verschrumpft oder sich abnorm verdickt, so daß sie ihre Functionen nicht mehr zu erfüllen vermag, entsteht statt des bestimmten Tik und Tak, und zwar in Folge der zwischen dem nun auch abnormer Weise rückwärts fließenden Blute und den abnorm gestalteten Klappen entstehenden Reibung, ein zischendes, oder schnurrendes, oder blasendes Geräusch, und der Arzt vermag daraus zu schließen, wo der Sitz der Ursache einer Reihe betrübender Krankheitserscheinungen ist. Doch das nur beiläufig und zur Erklärung für diejenigen Patienten, denen das Stethoscop der Aerzte ein Wunderrohr oder nur ein Spielzeug zu sein scheint.

Das Blut also, in die Aorta hineingetrieben, kann nicht wieder zurück; es muß vorwärts. Doch wohin? — Seine Bahnen sind ihm gewiesen. Als einziger, großer Stamm beginnend, verzweigt sich jene große Schlagader bald nach oben, nach unten und nach den Seiten; die Schlagadern oder Arterien*) des Körpers nehmen ihren Inhalt auf, und erhielt dieser den ersten Anstoß zu seiner Bewegung durch die treibende Zusammenziehung des Herzens selbst, eine Zusammenziehung, welche jedesmal eine Blutwelle in die Aorta hineinwirft und damit die Erscheinung des Arterienpulses bedingt, so wird er jetzt in seiner Fortbewegung durch die Wandungen der Arterien selbst unterstützt. Es bestehen diese Wandungen aus drei verschiedenen Häuten. Einer innern, sehr glatten, zarten Haut, die durch ihre Glätte jede Reibung zwischen Blut und Gefäßwand so unbedeutend als möglich macht; einer Muskelhaut, welche längs- und querlaufende zum Theil elastische Fasern enthält und die Zusammenziehungsfähigkeit und Elasticität der Schlagadern bedingt; und einer äußern Haut, durch welche die Schlagader mit den umgebenden Organen verbunden ist.

---

*) „Arterie" heißt in der strengen Uebersetzung: luftführendes Gefäß. Es stammt diese Bezeichnung her von der Vorstellung der Alten, daß die Schlagadern nur Luft führen, da man sie nach dem Tode blutleer findet. —

Sobald nun eine Blutwelle in die Arterien hineingeworfen wird, dehnt dieselbe zunächst die letztern aus, aber vermöge ihrer Elasticität wirken diese dem Blutdruck entgegen und zwingen damit das Blut selbst zur Vorwärtsbewegung. Die Muskelhaut der Arterien befähigt dieselben dagegen zur zeitweiligen Verengerung oder Erweiterung, je nach der Contraction oder Erschlaffung der Muskelfasern, eine Eigenschaft der Arterie, die nicht mit der Elasticität derselben verwechselt werden darf, für manche „Eventualitäten und Modificationen" der Blutbewegung aber eine sehr nothwendige war. Je weiter sich nun aber die Arterien verzweigen, um so zarter werden auch ihre Wandungen; Muskelfasern und elastische Fasern nehmen an Stärke ab, schwinden nach und nach ganz, und es bleibt zuletzt nur die innerste Haut übrig, die als äußerst feines, 0,002—0,008 ''' im Durchmesser haltendes Röhrchen, als sog. Capillargefäß, nunmehr dem Nahrungssaft mit Leichtigkeit einen Austritt in die zu ernährenden Körpertheile gestattet, andrerseits aber auch dem Eintritt von Flüssigkeiten aus der Körpersubstanz oder aus dem Darmcanal, wie oben erwähnt, in sich hinein kein Hinderniß entgegensetzt. Aber auch hier hat das Blut keine Ruhe. Bis in die äußersten und tiefsten Theile des Organismus hinein verbreitet, soll es vielmehr rasch zum Centralorgane, zum Herzen, zurückkehren. Die Tausende feinster Capillarröhrchen sammeln sich nach und nach wieder zu größern Aesten und Stämmen, den sog. Venen oder Blutadern, bis sie schließlich zu zwei großen Stämmen vereint, dem Herzen sich verbinden, zwei Stämme, deren oberer das Blut vom Kopf und aus den Armen, deren anderer das Blut aus den übrigen Theilen des Körpers dem Herzen überliefert. Die anatomische Beschaffenheit dieser Venen ist von derjenigen der Arterien verschieden. Zwar bestehen ihre Wandungen aus denselben drei Häuten, welche wir bei der Arterie kennen lernten; allein es haben dieselben hier eine viel geringere Dicke, und die Venen sind deshalb dünnwandiger und schlaffer. Sie stehen außerdem durch viele Queräste in Verbindung, liegen zum Theil viel oberflächlicher, als die Arterien, so daß man sie bläulich durch die Haut hindurchschimmern und dieselbe oft emporheben sieht, Einrichtungen, welche beide das Ausweichen der Blutmasse bei irgend welchem äußern oder innern Drucke auf dieselbe erleichtern und somit Störungen in der

Blutbewegung verhüten. Eine ganz besondere Vorrichtung, welche namentlich für die Fortbewegung des Blutes in den Venen von Belang ist, ist ihnen aber durch an ihrer Innenwand befindliche, taschenförmige Klappen verliehen. Es wird damit dem Rückfall des in den Venen in die Höhe steigenden Blutes vorgebeugt. Und fragen wir endlich nach der eigentlichen, das Blut in den Venen forttreibenden Kraft, so resultirt diese aus verschiedenen Verhältnissen. Einmal trägt dazu ohne Zweifel der ständige Nachschub neuer Blutwellen von Seiten des Herzens und der Arterien, d. i. die treibende Kraft derselben, bei; zu zweit befindet sich das Blut in Folge der Elasticität der Arterienhäute in den Arterien stets unter einem größern Drucke, als in den Venen, und zwar ist nach Volkman's neuern Bestimmungen dieser Druck in jenen um etwa zehn Mal so groß, als in diesen; endlich wird aber auch das Blut von den Lungen gewissermaßen angesogen. Durch die Ausdehnung der Lungen bei der Einathmung werden auch die in ihr verlaufenden feinern Blutgefäße gedehnt und gestreckt, sie saugen dadurch das Blut aus der Lungenarterie an, und diese, ihres Inhaltes in dieser Weise beraubt, wirkt wieder rückwärts auf das Blut in dem rechten Herzen und in den in den rechten Vorhof einmündenden großen Venen. Zudem hat Donders auf den wichtigen Umstand hingewiesen und durch Experimente dargethan, daß das Blut der größern Gefäße der Brusthöhle, in Folge eines von den Lungen ausgeübten Widerstandes gegen die eindringende Luft, unter einem geringern Luftdrucke steht, als das Blut des übrigen Körpers, wodurch selbstverständlich ein Vordringen des letztern nach der Brusthöhle hin wesentlich unterstützt wird.

So haben wir das Blut, vom Herzen ausgehend, bis zu seiner Rückkehr in dasselbe begleitet, und den wunderbaren Kreislauf desselben kennen gelernt, durch dessen Entdeckung (1619) sich der Engländer William Harvey für ewige Zeiten in den Annalen der Physiologie ein glänzendes Denkmal gesetzt hat. Vom Herzen durch die Lungen in das Herz zurück, und vom Herzen durch den gesammten Organismus abermals zum Herzen zurück, das sind die beiden Kreisbahnen, in denen es seinen sog. kleinen und großen Kreislauf vollführt (s. Fig. 194). Und nehmen wir an, daß mit jeder Zusammenziehung des

Herzens eine Menge von etwa $1/8$ Pfd. Blut in die Aorta hineingeworfen wird, daß sich ferner die Gesammtmenge des Blutes eines erwachsenen Menschen auf etwa 13 Pfd. beläuft, so läßt sich leicht berechnen, das etwa 104 Herzcontractionen erforderlich sind, um die gesammte Blutmenge einmal den großen, wie kleinen Kreislauf vollenden zu lassen. Es pulsirt aber das Herz eines erwachsenen Mannes durchschnittlich in einer Minute 70 Mal, und es sind somit kaum $1\frac{1}{2}$ Minuten erforderlich, um eine Blutwelle die Kreisbahn einmal, kaum eine Stunde, um sie dieselbe 40 Mal, kaum ein Tag, um sie sie 480 Mal zurücklegen zu lassen. Sind das Ereignisse, die ein Ungefähr gefügt, die durch ein zufälliges Zusammentreffen von Stoffen und Kräften ins Dasein gerufen sind? Oder weist uns die Physiologie auf die leitende und ordnende Hand eines Schöpfers, auf eine ursprüngliche schöpferische Idee hin?

Von der geschilderten Einrichtung des Blutgefäßsystems bei Säugethieren und Vögeln zeigen sich nun aber weiter in der Thierreihe hinab mannigfache und nach unten hin immer bedeutendere Abweichungen. Bei den Amphibien und Fischen erstrecken sich dieselben zunächst nur auf das Herz. Es besitzen die Amphibien der Mehrzahl nach ein Herz mit zwei Vorkammern, aber mit nur einem Ventrikel, so daß das Körper- und Lungenblut sich in diesem vermischt, und auch durch nur ein großes Gefäß aus dem Herzen hinaustritt. Dieses Gefäß theilt sich dann alsbald in zwei Aeste, deren einer zu den Athmungsorganen, deren andrer in den Körper hineinführt. Bei einigen Amphibien zeigt zwar die Herzkammer durch eine unvollkommen entwickelte Scheidewand noch eine Andeutung des Typus der höhern Wirbelthiere; bei den Krokodilen sind sogar neben den beiden Vorhöfen auch zwei vollkommen getrennte Kammern vorhanden; immer aber sind Lungenarterie und Aorta zu einem größeren vom Herzen wegführenden Stamm verbunden, welcher bei den Krokodilen dann halb aus dem rechten und halb aus dem linken Ventrikel entspringt. Bei den Fischen ist der Herzschlauch nur noch in zwei Abtheilungen abgetheilt, in eine Vorkammer und einen Ventrikel. Das Blut gelangt dann von letzterm aus in die Kiemen und sammelt sich in diesen wieder in größern Gefäßstämmen, die alsbald zur Aorta verschmelzen. Es fehlt also den Fischen

die kleine Kreisbahn. Bei einem Fische, dem in vieler Beziehung so

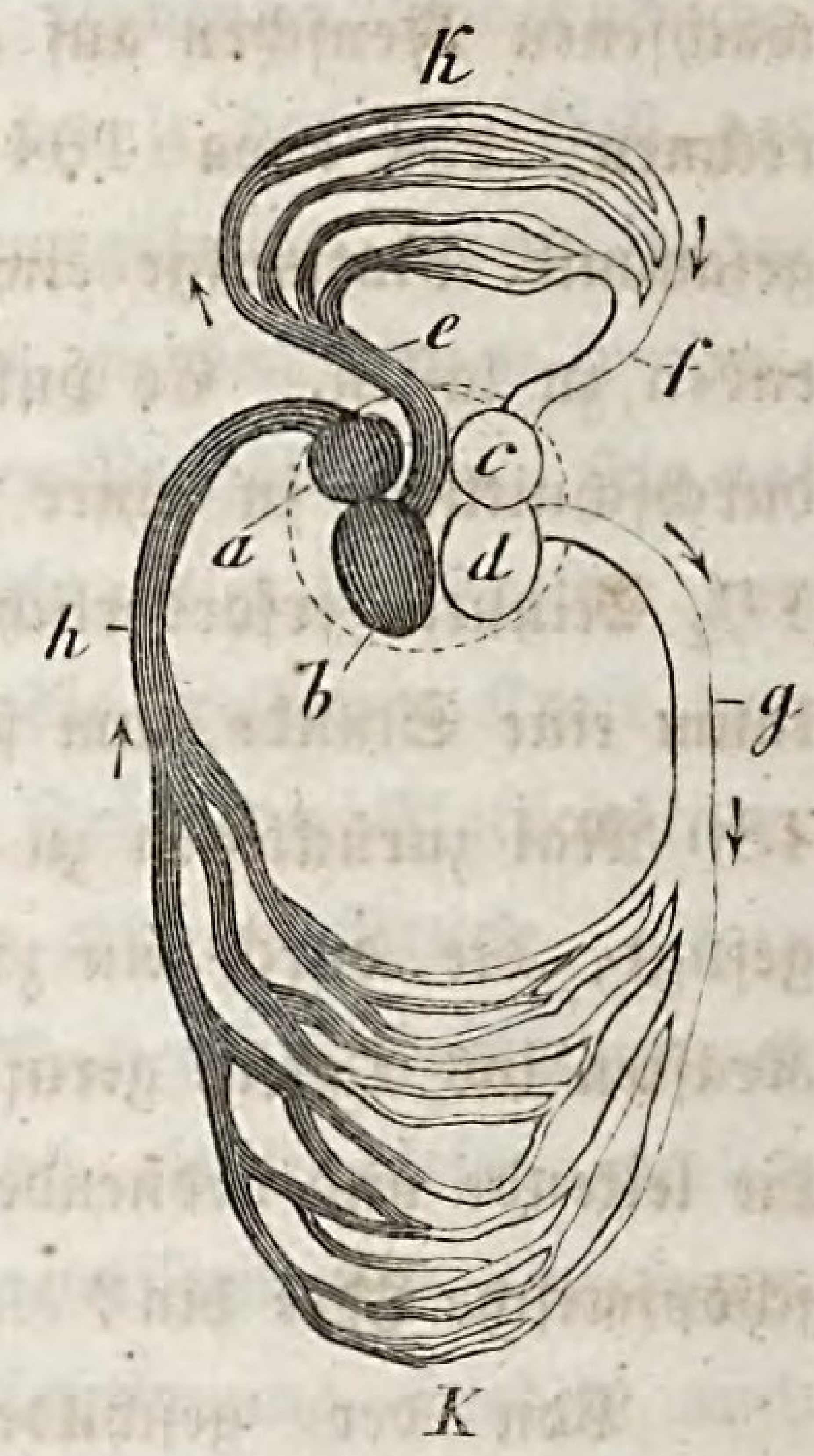
Fig. 192. *)



Fig. 193. **)



Fig. 194. ***)



dürftig entwickelten und vom Wirbelthiertypus sich entfernenden Amphioxus oder Branchiostoma, ist die Einrichtung des Herzens noch mangelhafter. Es stellt dasselbe hier nur einen einfachen, contractilen,

---

*) Schema des Blutkreislaufs beim Fisch. Das venöse Blut tritt aus dem Ventrikel (d) durch die Kiemenarterie (e) in die Kiemen, wird daselbst arteriell, sammelt sich als arterielles Blut wieder in der Aorta (g) und kehrt nach Vollendung des großen Kreislaufs (K) als venöses durch die Hohlvene (h) zum Vorhof (a) des Herzens zurück.

**) Dasselbe Schema bei einem Reptil. Das aus dem großen Kreislauf durch den Körper zurückkehrende venöse Blut tritt aus der Hohlvene (h) in den rechten Vorhof (a), von da in den Ventrikel (d), dann in die Lungenarterie (e), legt den kleinen Kreislauf (k) durch die Lungen zurück, wird arteriell, kehrt durch die Lungenvene (f) zum linken Vorhof (c) zurück, tritt von da in den Ventrikel (d) und weiter in die Aorta (g), um den Körper zu durchströmen. In Folge der Vermischung des venösen Blutes aus h und a und des arteriellen aus f und c in d, enthalten d, e und g gemischt venös-arterielles Blut, was durch die schwächere Schattirung angedeutet ist.

***) Dasselbe Schema für Vögel und Säugethiere. Ist nach dem Obigen von selbst verständlich. — (Sämmtliche Figuren nach Milne-Edwards a. a. O.)

cylinderförmigen Schlauch dar, aus dem die Kiemenarterien seitwärts paarweise, mit einer kleinen Anschwellung beginnend, hervortreten. Das ist dann aber auch die unvollkommenste Einrichtung des Cirkulationsapparates, welche unter den Wirbelthieren vorkommt. — Mit besonderm Interesse fassen wir jedoch eben diese Einrichtung in's Auge, weil sie eine auffallende Uebergangsstufe zu derjenigen der Wirbellosen bildet. Nirgends finden wir bei diesen noch ein eigentliches, kräftig muskulöses Herz wie bei den Wirbelthieren, überall nur ein schlauch- oder cylinderförmiges Organ; und stehen die ersteren schon in dieser Beziehung weit hinter den letztern zurück, so wird die Differenz bald noch immer beträchtlicher dadurch, daß sich die Mangelhaftigkeit der Entwicklung nach und nach auch auf die Gefäße erstreckt bis schließlich weder Herz noch Gefäße vorhanden sind. Nur noch bei einigen Wirbellosen stellt der Cirkulationsapparat ein überall geschlossenes Röhrensystem dar; so bei den höher entwickelten Würmern (Borstenwürmern, Blutegelarten), den Stachelhäutern u. a. Ein eigentliches Herz findet sich aber auch bei diesen nicht mehr. An seiner Stelle ist vielmehr nur ein größerer, längerer Schlauch, ein sog. Rückengefäß vorhanden, welches der ganzen Länge nach oder nur an einzelnen, leicht erweiterten Abtheilungen Zusammenziehungen zeigt und damit die Fortbewegung des Blutes bedingt. Weit häufiger findet sich aber kein geschlossenes Gefäßsystem, und zwar entbehren eines solchen sämmtliche Gliederthiere (außer den genannten Würmern) und sämmtliche Weichthiere. Ein Theil des Systems wird hier durch wandungslose Gänge und Räume vertreten, und die noch vorhandenen Blutgefäße stehen mit diesen in offener Communication. Die Capillargefäße schwinden bei diesen Thierformen zunächst; weiterhin schwinden aber auch Venen und Arterien und von dem ganzen Gefäßapparate bleiben nur noch einzelne, zusammenziehungsfähige, herzartige Gebilde übrig. Endlich fallen auch diese bei den niedern Würmern, den Strudelwürmern, Trematoden, den Quallen und Polypen weg. Die gesammte Masse des Blutes beschränkt sich hier auf die Leibeshöhle und dringt nur in einzelnen Ausläufern in die Anhangsgebilde des Körpers ein, um aus ihnen alsbald in die allgemeine Höhlung zurückzukehren. Es kann bei all diesen Anordnungen der Darmcanal noch immer eine gegen den cirkulirenden Nahrungs-

saft hin abgesonderte Höhlung bilden. Der Nahrungssaft tritt aus ihm dann nur nicht sofort in Blutgefäße oder gar in Chylusgefäße (die sich, wie schon erwähnt, nur bei den Wirbelthieren finden), sondern er tränkt von dem Darmcanal aus die Körpermasse, um dann durch gewisse Höhlungen und Gänge die etwa vorhandenen Gefäße zu erreichen, oder sich auch ohne solche, ähnlich wie in der Pflanze, im Organismus zu verbreiten. Sobald aber bei den niedersten Thieren (einem Theile der Infusorien u. s. w.) auch die Darmhöhle nicht mehr existirt oder wenigstens keine abgeschlossene Höhle bildet, erfüllt der in das Thier hineingelangende Nahrungsstoff, mehr oder weniger oder gar nicht zubereitet, die Leibeshöhle selbst, und bespült so die einzelnen Körpertheile. In diesen Fällen fehlt dann auch jede besondere Triebkraft für die Bewegung des Blutes, falls wir diese Bezeichnung für den Nahrungssaft beibehalten wollen; nur eine undulirende Bewegung wird ihm noch durch die der Zusammenziehung fähige Körperhülle mitgetheilt, oder es befinden sich auf der innern Fläche des Körpers Wimpern, die die Fortbewegung des Nahrungssaftes unterstützen.

Nach dieser Schilderung des Cirkulationsapparates selbst kehren wir nunmehr zu dem in denselben ergossenen, dem Blute beigemischten Nahrungssaft zurück. Doch es dürfte schwer fallen, mit Genauigkeit anzugeben, welche Veränderungen mit seinen einzelnen Bestandtheilen auf dem kurzen Wege zum Herzen, und von diesen aus durch die Lungen zum Herzen zurück vor sich gehen. Machen wir uns nur die Verhältnisse klar. Es stellt das Blut, unserer obigen Schilderung gemäß, eine ständigen Wechseln in der Zusammensetzung unterworfene Flüssigkeit dar; es enthält in seiner Mischung Stoffe, die zur Ernährung der Gewebe verwandt werden sollen, Stoffe, die schon gewisse Metamorphosen in der Körpersubstanz erfahren haben und Stoffe, welche zu weiterer Verwendung durchaus untauglich, den Organismus gänzlich zu verlassen bestimmt sind. Es mischt sich der aus dem Milchbrustgang kommende Chylus dieser Blutflüssigkeit bei. Wird man unter solchen Verhältnissen entscheiden können, welche und wie viele Bestandtheile der letztern dem neu hinzutretenden Strome des Chylus entstammen, welche andrerseits den Kreislauf schon ein oder mehre Male vollendet haben, oder aus den Geweben des Körpers in das Blut zurückgekehrt sind?

Kaum auch kann uns ein sorgfältiger Vergleich des im Milchbrustgang enthaltenen Chylus, des Venenblutes, welchem er beigemischt wird und des einer Arterie oder dem linken Herzen entnommenen Blutes einen Aufschluß darüber geben. In jedem Augenblick ändert sich die Beschaffenheit des Blutes, und daß auch das aus den Venen zum Herzen und zu den Lungen zurückkehrende Blut ebensowohl, wie der Chylus, in den Lungen selbst bedeutenden Veränderungen unterliegt, ist gewiß. Nur also Vermuthungen bleiben uns übrig. Doch prüfen wir dieselben näher, und welchen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit dieselben erreichen, wird sogleich aus der Darstellung der Beschaffenheit und Zusammensetzung des Blutes hervorgehen.

Es bildet das arterielle Blut der Wirbelthiere bekanntlich eine scharlach- oder hellkirschrothe Flüssigkeit, welche beiläufig ein specifisches Gewicht von etwa 1,055 und eine Temperatur besitzt, die bei Amphibien und Fischen die der umgebenden Medien wenig übertrifft, bei den Vögeln sich dagegen auf etwa 38° C. und bei den Säugethieren auf 35—36° C. beläuft. Fängt man nun dieses einer verletzten Arterie entströmende Blut in einem Gefäße auf, entfernt dabei durch Schlagen und Umrühren den im kreisenden Blute aufgelösten, an der Luft aber sofort gerinnenden Faserstoff und läßt es eine Zeit lang ruhig stehen, so scheidet es sich alsbald in zwei Massen, den festweichen, rothen sog. Blutkuchen, und das hellgelblich gefärbte, klare sog. Blutwasser oder Blutserum, und wir erfahren daraus, daß es seine Färbung besonderen, nicht in der Flüssigkeit gelösten, sondern von ihr abscheidbaren Bestandtheilen verdankt. Diese Bestandtheile sind die sog. Blutzellen oder Blutkörperchen, kleinste mit unbewaffnetem Auge nicht wahrnehmbare, zellige Gebilde, die, in billionenfacher Anzahl vorhanden, die Träger eines besondern, röthlichen Farbstoffes sind und durch ihre massenhafte Zusammenhäufung und Senkung eben die Bildung des Blutkuchens herbeiführen. — Das Mengenverhältniß dieser Blutkörperchen zu dem Blutserum ist der Art, daß in 1000 Th. Blut eines gesunden Mannes etwa 512 Th. (feuchte) Blutkörperchen enthalten sind. Fragen wir aber nach den nähern chemischen Bestandtheilen beider, so verhält es sich damit durchaus verschieden. Wir sehen hier vorläufig von denen der Blutzellen ab. In 1000 Th. des

Blutserums finden sich dagegen nach C. Schmidt's und Lehmann's Untersuchungen die folgenden Stoffe: *)

Wasser	902,90 Th.
Faserstoff	4,05 "
Eiweiß	78,84 "
Fett	1,72 "
Extractivstoffe **)	3,94 "
Mineralstoffe	8,55 "

Letztere bestehen dann annähernd aus:

Chlornatrium (Kochsalz) . . .	5,546 Th.
schwefelsaurem Kali	0,281 "
Chlorkalium	0,359 "
phosphorsaurem Natron . . .	0,271 "
Natron	1,532 "
phosphorsaurem Kalk	0,298 "
phosphorsaurer Magnesia . .	0,218 "

Aus diesen Stoffen, incl. der Blutkörperchen, ist also das Blut zusammengesetzt. Erwähnen wir indeß noch, daß unter der zahllosen Menge rothgefärbter Blutkörperchen auch eine wechselnde, nach den Mahlzeiten allemal vermehrte ***) Anzahl farbloser Zellen vorhanden

*) Diese Untersuchungen beziehen sich zwar nicht auf arterielles, sondern auf venöses Blut. Da es uns hier jedoch nur auf eine allgemeine Angabe der Mengenverhältnisse der einzelnen im Blute enthaltenen Stoffe ankommt, in Bezug auf die meisten Stoffe venöses und arterielles Blut auch nicht sehr erheblich differiren, so dürfen wir hier, in Ermangelung ähnlicher Untersuchungen des arteriellen Blutes, Gebrauch von den Angaben der Analyse machen.

**) Unter diesen „Extractivstoffen" versteht man ein Gemisch verschiedener stickstoffhaltiger und stickstofffreier Verbindungen, die ihrer geringen Quantität halber bis dahin noch nicht näher zu bestimmen waren. Nur die im folgenden Vortrage zu erwähnenden Verbindungen: Kreatin und Kreatinin, Harnstoff und Harnsäure, so wie auch Traubenzucker und Milchsäure sind mit Bestimmtheit unter ihnen aufgefunden und wahrscheinlich auch immer vorhanden. —

***) C. A. Hirt fand im nüchternen Zustande im Blute auf 1500 gefärbte

ist, Zellen, welche ganz und gar den oben erwähnten Chyluskörperchen gleichen und ohne Frage auch zum größten Theil aus dem Chylus selbst herstammen. —

Welche Metamorphosen sind demnach oder müssen mit dem Chylus vor sich gegangen sein? Die Antwort bleibt immer eine schwierige. Aber dennoch ist so viel als sicher anzunehmen, daß unter Einwirkung des Sauerstoffs der Luft in den Athmungsorganen viele Chyluskörperchen roth gefärbt, zu rothen Blutzellen umgewandelt wurden, daß ferner der Eiweißgehalt und zum Theil auch der Fett- und Faserstoffgehalt, daß endlich auch ein Theil der mineralischen Bestandtheile des Blutserums aus dem Chylus herstammt. Die ungefärbten Blutkörperchen sind aber, wie erwähnt, als Chyluskörperchen zu betrachten, die auf ihrem ersten Umlauf durch die Lungen die rothe Farbe noch nicht annahmen. Und erinnern wir uns jetzt daran, daß ein Theil der Nahrungsstoffe aus dem Darmcanal schon direct in das Blutgefäßsystem aufgenommen wurde (s. S. 238), daß diese Stoffe, wie namentlich das Wasser, der Zucker, die Milchsäure, das Kochsalz u. s. w. sich im Blute selbst den eben genannten und zum Theil metamorphosirten Bestandtheilen des Chylus beimischen, so haben wir damit eine oberflächliche Vorstellung von der Genesis des Blutes gewonnen, abgesehen hier von denjenigen seiner Bestandtheile, die ihm als Schlacken oder Auswurfsstoffe von den Geweben aus zugeführt werden und auch ständig in seiner Mischung enthalten sind.

Dieses so beschaffene Blut wird nun bis in die Capillargefäße hineingetrieben. Von ihnen aus sollen den verschiedenen Geweben des Körpers die Bildungs- oder Ersatzstoffe, den Drüsen die Materialien zur Bildung der Absonderungssäfte geliefert werden, während gleichzeitig die abgenutzten und zu ferneren Leistungen untauglich gewordenen, chemisch veränderten Gewebsbestandtheile in die Capillaren zurückkehren, um als Bestandtheile des Blutes zunächst der Lunge, und weiterhin andern Ausscheidungsorganen zugeführt zu werden. Doch bevor wir zu der Darstellung dieser Verhältnisse übergehen, müssen wir noch

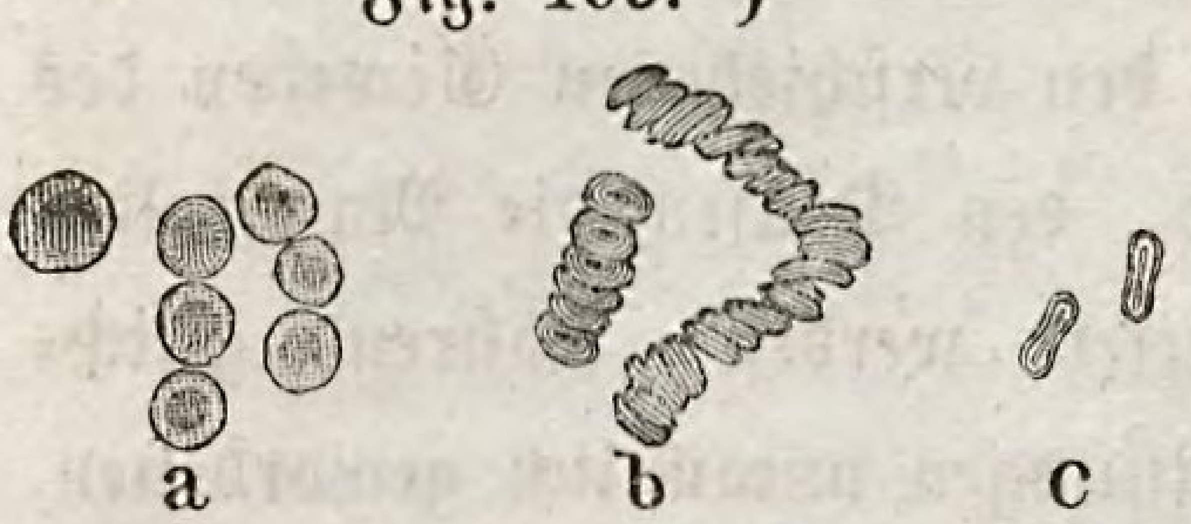
---

eine farblose Blutzelle, nach Mahlzeiten aber eine farblose auf 400—500 gefärbte.

einmal auf das Blut, und insonderheit die so wesentlichen Bestandtheile desselben, die Blutkörperchen, zurückkommen, und nicht minder einen flüchtigen, vergleichenden Blick auf die Beschaffenheit des Blutes niederer Thiere werfen.

Es kann kaum ein prachtvolleres mikroscopisches Bild geben, als dasjenige, welches die durchsichtige Schwimmhaut eines lebenden Frosches unter dem Mikroscop darbietet. Breitere und immer zarter werdende, sich endlich schlingenförmig umbiegende Canäle durchziehen in Form eines Netzes das Gewebe der Haut, in ihnen bewegt sich die hellgelbliche Blutflüssigkeit und in der Mitte dieses Stromes rieseln, gleich den Sandkörnern auf dem Boden eines klaren Baches, die rothgefärbten Blutkörperchen, in den größern Gefäßen in größerer Anzahl, in den zarteren einzeln und eins dem andern folgend. Die der Wand des Blutgefäßes zunächst liegende Flüssigkeitsschicht fließt dabei bedeutend langsamer, als der die Blutkörperchen führende, sog. Achsenstrom, und betrachtet man sorgfältig die Bewegungen des Blutes in den Capillargefäßen überhaupt, so findet man außerdem, daß sie viel langsamer vor sich geht, als in den größeren Gefäßen, Verhältnisse, welche den innigen Wechselverkehr zwischen Blut und Geweben offenbar wesentlich unterstützen. — Was sind nun jene Blutkörperchen? Woraus bestehen sie? Die mikroscopisch-chemische Untersuchung giebt uns Aufschluß darüber. Es sind kernlose, scheibenförmige, biconcave und bei durchfallendem Lichte schwach gelbroth gefärbte Zellen mit abgerundetem Rande, die beim Menschen einen Breitendurchmesser von 0,0033 ‴ und eine Dicke von 0,00062 ‴ besitzen (Fig. 195). Man hat sich neuerdings die Mühe gegeben, die Anzahl derselben in einer kleinen, scharf bestimmten Blutmenge mit Hülfe des Mikroscopes zu zählen (Vierordt, Welcker),

Fig. 195.*)



*) Blutkörperchen des Menschen. a Von der Fläche gesehen, c vom Rande, wobei die Concavität der beiden Flächen deutlich wird. b Mehre Körperchen geldrollenförmig zusammengelagert, wie sie häufig unter dem Mikroscop erscheinen. 450—500 mal vergrößert. Copie nach Ecker a. a. O.

und gefunden, daß in einem Cubik-Millimeter Blut eines erwachsenen Mannes nahezu 5000000 Blutkörperchen enthalten sind. Darnach würden sich also im ganzen Organismus eines Mannes von 130 Pfd. Körpergewicht, wenn man das Gesammtgewicht des Blutes desselben zu 13 Pfd. berechnet, *) 30,8 Billionen Körperchen bewegen, eine Anzahl, welche eher zu niedrig, als zu hoch gegriffen ist. Durch diese enorme Menge wird es denn begreiflich, wie die Blutkörperchen es sein können, die den sämmtlichen Geweben des Thierkörpers und insonderheit den mit zarter Oberhaut bedeckten Theilen (Wangen, Lippen, Schleimhäuten) anscheinend eine rothe Farbe verleihen; und vergegenwärtigt man sich, daß jedes dieser Körperchen zugleich eine physiologische oder chemische Function zu erfüllen bestimmt ist, so bekommt man erst mit Kenntniß eben solcher Zahlenverhältnisse einen richtigen Begriff von der Extensität, von dem Umfange der Lebensvorgänge, die, unserm Auge entzogen, im Innern des Organismus ihren ruhigen und ununterbrochenen Ablauf nehmen. Wir ahnen kaum etwas davon, daß, welchem Gedankenkreise, welcher Thätigkeit wir uns auch hingeben, wir ständig doch eine rastlos arbeitende chemische Werkstätte in uns beherbergen und mit uns umhertragen, und dennoch ist dem so. Doch das Getriebe dieser Werkstatt ist so leicht und leise, daß es nur selten durch einen wahr-

*) Die Gesammtmenge des Blutes im menschlichen Organismus wurde bisher sehr verschieden hoch angegeben. Nach der noch in neuerer Zeit fast allgemein gängigen Angabe Valentin's sollte sie sich beim Menschen zum Körpergewicht verhalten = 1 : 4,36, bei einem Mann von 130 Pfd. Körpergewicht also 29 Pfd. 26 Lth. betragen. Haller bestimmte für einen Erwachsenen ebenfalls 30 Pfd., Wrisberg und Herbst 24—26 Pfd., Reil 40 Pfd., Blumenbach 8—10 Pfd., Lehmann und Weber 16—17 Pfd. Neuere Untersuchungen von Welcker haben jedoch, bei Anwendung einer zuverlässigen Bestimmungsmethode, Resultate geliefert, die mehr Vertrauen verdienen, und kürzlich durch Bischoff in München eine glänzende Bestätigung erhielten. Ihnen zufolge beläuft sich die Blutmenge in einem neugeborenen Kinde von 6 Pfd. 13 Lth. Körpergewicht auf $20\frac{1}{2}$ Lth., bei einem Mann von 15—16 Jahren und 100 Pfd. Körpergewicht auf 10 Pfd., bei einem Mann von 20 Jahren und 130 Pfd. Körpergewicht auf 13 Pfd., und bei einem Mann von 45 Jahren und 145 Pfd. Körpergewicht auf $14\frac{1}{2}$ Pfd. —

nehmbaren Schlag sein Dasein verräth, und nur selten störend eingreift in die Willensacte oder die Vorstellungskreise ihres Trägers.

Was die chemische Zusammensetzung der Blutkörperchen anbetrifft, so weiß man von ihren Hüllen kaum mehr, als daß sie aus einer stickstoffhaltigen Verbindung, und wahrscheinlich, gleich den Hüllen andrer Zellen, aus einer eiweißartigen Substanz in Verbindung mit phosphorsaurem Kalk, bestehen. In dem Innern der Zellen befinden sich dagegen verschiedene Stoffe aufgelöst, von denen wir des eiweißartigen sog. Globulin, des eisenhaltigen und gleichfalls stickstoffhaltigen Hämatin (des sog. Blutroths), einiger Fette (des Margarin, Elaïn, Cholestearin u. s. w.) und endlich gewisser unorganischer Verbindungen gedenken wollen. Diese Bestandtheile des Blutkörpercheninhalts bilden sich ohne Frage zum Theil aus dem Kern der Chyluskörperchen hervor, denn während diese kernhaltig sind, sind die Blutzellen kernlos. Von dem Wesen dieses chemischen Vorganges haben wir bis dahin jedoch keine Vorstellung. Auch über die auffallende, neuerdings von Funke entdeckte Thatsache, daß der Inhalt der Blutzellen außerhalb des Organismus unter gewissen Verhältnissen crystallisirt, ja daß diese Crystalle je nach der Thiergattung und Gefäßprovinz, aus welcher das Blut entnommen wird, verschiedene Gestalt zeigen, fehlt bis dahin die nähere Aufklärung. Wenn man jedoch aus den erhaltenen Crystallen schon schloß, daß Globulin und Hämatin nur eine, in der lebenden Blutzelle zusammengehörige, untrennbare Verbindung darstellen, so scheint dies nach Lehmann's neuern Beobachtungen unrichtig, und der eigentliche rothe Farbstoff, das Hämatin, ist vorläufig noch als ein vom Globulin differenter Körper zu betrachten. — Ihrer Menge nach vertheilen sich die einzelnen Bestandtheile der Blutkörperchen nach den trefflichen Untersuchungen von C. Schmidt und Lehmann folgendermaaßen: 1000 Th. Blutzellen enthalten:

Wasser	688,0	Th.
eisenhaltiges Hämatin . . .	16,75	„
Globulin und Zellhüllenstoff .	282,22	„
Fett	2,31	„
Extractivstoffe	2,60	„
Mineralstoffe (ohne Eisen) . .	8,12	„

Die letztern bestehen dann wieder annähernd aus:

schwefelsaurem Kali	0,132	Th.
Chlorkalium	3,679	„
phosphorsaurem Kali	2,343	„
„ Natron	0,633	„
Natron	0,341	„
phosphorsaurem Kalk	0,094	„
„ saurer Magnesia	0,060	„

Tritt damit nicht die schon oben erwähnte chemische Differenz zwischen Blutflüssigkeit und Blutkörperchen auf das Schlagendste hervor? Sind in beiden nicht die organischen sowohl, als unorganischen Verbindungen, sei es qualitativ oder quantitativ, beträchtlich von einander verschieden? Und wahrlich, wir würden uns hier nicht auf eine genauere Angabe dieser Zahlenverhältnisse eingelassen haben, wenn sie eben nicht zum Verständniß der Functionen der Blutflüssigkeit und Blutkörperchen und ihrer gegenseitigen Beziehungen durchaus erforderlich wären, Beziehungen, welche, erst in neuerer Zeit richtig erkannt, eine überaus wichtige regulatorische Bedeutung für die Blutmischung besitzen. — Während die Blutzellen vorwiegend phosphorsaure Salze und unter den Basen vorwiegend Kali, dagegen wenig Chloralkalien und Natronsalze enthalten, enthält das Blutserum umgekehrt vorwiegend Chloralkalien und Natronsalze, wogegen Phosphate und Kalisalze zurücktreten.*) Nur die phosphorsauren Erden (Kalk und Magnesia) sind im Serum in größerer Menge enthalten, als in den Blutzellen. Dadurch entstehen gewisse Gegensätze zwischen Blutzellen und Blutwasser, die Gesetze der En- und Exosmose kommen an ihnen zur Geltung, und während beide für die Existenz des Organismus in dieser oder jener Weise Sorge tragen, liegt in dieser Weise in ihnen selbst ein regulatorisches Princip verborgen, welches für

---

*) Nach C. Schmidt sind die Mengenverhältnisse dieser unorganischen Bestandtheile in den Blutzellen und dem Blutserum folgende:

die Blutzellen enthalten: 40,89 Kalium, 9,71 Natrium, 17,64 Phosphorsäure und 21,0 Chlor;

das Blutserum enthält: 5,19 Kalium, 37,74 Natrium, 6,08 Phosphorsäure und 40,68 Chlor.

die Erhaltung der möglichst normalen Blutmischung Sorge trägt. Ist z. B. das Blutserum arm an Wasser oder reich an Natronsalzen (durch Kochsalzgenuß), so wird es den Blutzellen Wasser entziehen und eine Einschrumpfung derselben ist die Folge davon; ist dagegen das Blutserum sehr wasserreich (nach Wassergenuß), so werden die Blutzellen einen Theil des Wassers aufnehmen, sich in Folge davon aufblähen, und daß beide Arten der Volumsänderung der letzteren wesentliche und für den Gesammthaushalt des Organismus regulatorische Verschiedenheiten in ihrer Function und chemischen Metamorphose bedingen, ist mehr als wahrscheinlich. — Doch nicht nur das. In Folge ihrer chemischen Zusammensetzung, und sonderlich wohl ihres Hämatingehaltes, sind die Blutkörperchen die Hauptträger der Gase des Blutes, und vorzugsweise des in den Lungen aufgenommenen Sauerstoffs. Nach Magnus' und Magendie's Versuchen sind in 100 Vol. Blut etwa 10—12 Vol. Sauerstoff, 66 (im arteriellen) — 78 (im venösen) Vol. Kohlensäure und 1,7— 3,3 Vol. Stickstoff enthalten. Ein Theil dieser Gase ist mechanisch absorbirt, ein andrer chemisch gebunden. Während aber die Kohlensäure vorzugsweise mit dem kohlensauren und phosphorsauren Natron der Blutflüssigkeit ein doppelt kohlensaures Salz zu bilden scheint, wird der Sauerstoff hauptsächlich von den Blutkörperchen gebunden und zwar, nach Lehmann's Versuchen, von dem Inhalt derselben, dessen Hämatin hier vorzugsweise in Frage kommen dürfte. Diese Thatsachen mögen es uns erklären, daß nicht das in die Adern eines bis zur Ohnmacht verbluteten Thieres eingespritzte Blutserum, wohl aber das mit Blutkörperchen versehene, von Faserstoff befreite, ebenfalls eingespritzte Blut den Lebensproceß des Thieres wieder zu erwecken vermag, eine Erfahrung, welche uns durch die Untersuchungen von Prevost, Dumas und Dieffenbach zu Theil geworden ist.

Aber die Bedeutung der Blutkörperchen ist auch damit noch nicht erschöpft. Sie greifen vermöge ihrer chemischen Zusammensetzung noch tiefer in den gesammten Lebensproceß ein. Was bedeutet, so können wir fragen, der ihre Hülle bildende Stoff, der gedoppelte Inhalt an organischen und unorganischen Verbindungen für den Ernährungsproceß? Haben diese Stoffe nur die Aufgabe, als constituirende Bestandtheile der Blutzelle ihr selbst und damit ihren so eben bezeichneten Functionen

das Dasein zu geben, und werden sie nach der Erfüllung dieser Aufgabe ohn weitere Verwendung wieder aus dem Organismus entfernt? Oder sind sie etwa noch zu weiteren Nutzleistungen bestimmt, nachdem sie als Bestandtheile des Blutkörperchens selbst ihre Rolle ausgespielt haben? — Erinnern wir uns hier der in den Magendrüsen bereiteten Labzellen (S. 216). Wir erfuhren von ihnen, daß sie aller Wahrscheinlichkeit nach nur Elementargebilde darstellen, deren Bildungsproceß selbst die Herstellung eines für die Verdauung der Nahrungsmittel erforderlichen Stoffes includire. Die Zellen selbst, von den Drüsen ausgeschieden, zerfielen sodann, und der in ihnen enthaltene Stoff kam zur Wirkung, ohne daß die Zelle selbst weiteren Functionen gedient hatte. Und in der That, ganz ähnlich scheint es sich mit den Blutkörperchen zu verhalten. Der Bildungsproceß derselben includirt jedenfalls die Herstellung derjenigen Verbindungen, die ihre Hülle und ihren Inhalt constituiren; wir lernten diese Verbindungen oben als stickstoffhaltige, unter dem Namen des Zellhüllenstoffs, des Globulins und Hämatins bekannte, kennen. Eben diese Verbindungen scheinen nun aber, zusammt dem Gehalte der Blutkörperchen an Phosphorsäure und Kali für gewisse Abschnitte des Ernährungsprocesses von größter Bedeutung, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß sie nach dem Untergange, nach dem Zerfall des Blutkörperchen als solchen, zur Bildung von Drüsensäften, insonderheit der Galle, vielleicht auch zur Bildung von Nerven- und Muskelgewebsbestandtheilen und, nach L e h m a n n's neuesten Forschungen, zur Bildung von Zucker in der Leber verwandt werden. Es stellt also, wie es scheint, jedes einzelne Blutkörperchen, neben seiner Function als Sauerstoffträger, gleichzeitig einen chemischen Bildungsheerd, ein „chemisches Laboratorium" gewisser für den Ernährungsproceß erforderlicher, chemischer Verbindungen dar, und erst mit der klaren Erkenntniß dieses Verhältnisses tritt uns die Größe der Bedeutung der Billionen mikroscopischer Gebilde in vollem Lichte entgegen. Bedarf es jetzt noch des Nachweises, weshalb wir ein blasses Colorit des Menschen, als ein untrügliches Zeichen des Mangels an Blutkörperchen, in der Regel gepaart sehen mit Beeinträchtigung des Ernährungsprocesses, mit Herabsetzung der Leistungsfähigkeit des Organismus, der Energie des Willens, der Muskelkraft, weshalb sich andrerseits der frischen Farbe Kraft und geistige Regsamkeit

verbinden? Keinem aufmerksamen Beobachter, und keinem Arzte insonderheit, sind diese Verhältnisse verborgen. Doch nur um so tiefer dürfen wir es beklagen, daß, wenn es sich um die Abhülfe bleichsüchtiger Zustände handelt, die Aufgabe bis dahin oftmals eine äußerst schwierige und dunkle ist. Die mannigfachen Bedingungen einer normalen Bildung von Blutkörperchen sind uns eben so wenig in ihrer ganzen Ausdehnung bekannt, als die Verhältnisse, welche möglicherweise störend in den Rückbildungsproceß, den Zerfall der Blutkörperchen in ihre nun weiter für den Ernährungsproceß zu verwendenden Bestandtheile eingreifen, und es würde in der That besser sein, solcher Lücken und Mängel der Wissenschaft stets eingedenk und geständig zu sein, als mit kühnem Wort schon auf die Errungenschaften der praktischen Medicin zu pochen. Die richtige Erkenntniß des Nichtwissens ist der Anfang wesentlicher Fortschritte, und statt den Laien Sand in die Augen zu streuen, sollte man ihnen die Wahrheit sagen, um nicht ein Vertrauen zu erwerben, welches der erste Windstoß umwirft. Nur zu treffend sagt in dieser Beziehung Dr. Max Pettenkofer in seinen „Untersuchungen über die Verbreitungsart der Cholera:" „Die Medicin „als Wissenschaft hat in Beziehung auf Krankheits-Ursache und „-Heilung noch wenig festgestellte, sichere Thatsachen, so daß sie dem „Publikum gegenüber oft in die unangenehme Lage kommt, mehr scheinen zu müssen, als sie ist, denn selbst der gebildete Theil des Publikums ist noch nicht allgemein auf dem Standpunkte, das wissenschaftliche Bekenntniß eines Arztes über einen speciellen Fall hören zu „können, ohne ihm theilweise das Vertrauen zu entziehen. Diese „Schwachheit des Publikums verdirbt die besten Kräfte des ärztlichen „Standes, indem es sie zwingt, der Schwachheit zu huldigen; sie ist „das größte Hinderniß für die Fortschritte der internen Medicin, und „die Quelle des unwürdigsten Charlatanismus." —

Wir sprechen von einem „Zerfall" der Blutkörperchen?! Bleiben sie denn nicht ständig dieselben integrirenden Bestandtheile des Blutes? Legen sie nicht Tausend und aber Tausende von Malen dieselbe Bahn des Blutkreislaufes zurück, um nur dann erst abzusterben, wenn der gesammte Lebensproceß sein Ende erreicht? Was wir über die ständige Neubildung von Chyluskörperchen und Blutzellen, und so eben über

das Hervorgehen gewisser Gallenbestandtheile aus den Blutkörperchen erwähnt haben, deutet schon darauf hin, daß dem nicht so ist, und in Wahrheit, wir dürfen es als ausgemachte Thatsache betrachten, daß jedem Blutkörperchen nach kurzer Frist seines Daseins ein Untergang bevorsteht. Doch wo erfolgt dieser Untergang? — Seit längerer Zeit schon gab man sich der Ansicht hin, daß Leber und Milz die Todesstellen der Blutkörperchen bilden, und es ist nicht zu leugnen, daß diese Ansicht durch manche physiologische Thatsache ebensowohl, als durch gewisse pathologische Erfahrungen wesentlich unterstützt wird. Allein in neuerer Zeit hat es sich, wunderbar genug, gerade umgekehrt mit immer größerer Gewißheit herausgestellt, daß ähnlich wie in den Chylusgefäßen des Gekröses, so auch in Milz und Leber eine ständige Neubildung von Blutkörperchen Statt hat, und es ist damit fraglich geworden, ob dennoch und gleichzeitig der bezeichnete Zerfall älterer Blutkörperchen in denselben Organen erfolgt. Wo nicht, so würde man den letzteren im Blutgefäßsystem selbst suchen müssen, eine Annahme, die an und für sich nichts Unwahrscheinliches hat. Doch lassen wir, für die Milz wenigstens, die alte Ansicht noch nicht fahren, und fügen wir die nicht unbegründete Frage hinzu, ob nicht etwa auch die später zu betrachtenden Nieren für den Untergang der Blutkörperchen von Bedeutung sein könnten? — Und wie nun erfolgt jener Tod der Blutzellen? Welches sind die näheren und ferneren Produkte ihres Zerfalls? Was wird weiterhin aus diesen einzelnen Produkten? Zwar deuteten wir oben bereits auf eine Wahrscheinlichkeit hin, und es ist sehr möglich, daß sich die früher schon (S. 222) einmal erwähnten, insonderheit in der Milz und Bauchspeicheldrüse aufzufindenden Verbindungen, das sog. Leucin und Tyrosin, aus den Blutkörperchen hervorbilden, diese Verbindungen aber durch das Blut der Leber zugeführt und dort zu Gallenbestandtheilen umgewandelt werden; Führer und Ludwig haben es ferner neuerdings wahrscheinlich gemacht, daß ein endliches Produkt des Zerfalls der Blutkörperchen auch in dem Harnstoff, der mit dem Harn den Organismus verläßt, zu suchen sei, und auch diese Möglichkeit muß zugestanden werden, obwohl der Nachweis der Metamorphose selbst noch fehlt. Es ist ferner möglich und nicht unwahrscheinlich, daß auch die sog. Nervenfette, die in einer so überaus

interessanten Beziehung zu den Bestandtheilen der Galle stehen,*) sei es direct oder indirect (mittelst der Gallenbildung) aus dem Zerfall der Blutkörperchen hervorgehen, und daß die unorganischen Bestandtheile der letzteren, die Phosphorsäure, das Kali und das Chlorkalium, theils zur Bildung von Drüsensäften verwandt werden, theils sich an der Bildung des Nerven- und Muskelgewebes betheiligen, theils aber auch auf dem Wege durch die Nieren mit dem dort gebildeten Harn den Organismus verlassen. Es ist endlich möglich und überaus wahrscheinlich, daß der eisenhaltige, rothe Blutfarbstoff in der Leber zur Bildung des gelben und später grünen Gallenfarbstoffs verwandt wird, dieser aber schließlich wieder zum gelbrothen Farbstoff des Harns umgewandelt wird. Wir hätten in dieser Metamorphose des eisenhaltigen Farbstoffes im thierischen Organismus ein sehr interessantes Analogon der Metamorphose des gleichen Farbstoffes in der Pflanze vor uns. Wie in dieser der junge Pflanzenkeim oder das junge Blatt anfänglich gelb, und hie und da blutroth, später in Folge des Oxydationsprocesses grün, und im Herbst wieder, in weiterer Folge desselben Processes gelbroth erscheint, also würde sich der genossene grüne Farbstoff der Pflanze im thierischen Organismus zunächst zum rothen Farbstoff der Blutkörperchen, sodann zum gelben und grünen der Galle und schließlich zum gelbrothen des Harns umwandeln, und auch hier würden Oxydationsvorgänge als das Bedingende dieser Metamorphosen zu betrachten sein.**) Doch es sind das bis dahin nur Möglichkeiten und Wahrscheinlichkeiten, und ausdrücklich möchten wir uns davor verwahren, daß der Entwurf eines möglichen Bildes des Geschehens nicht als eine Bezeichnung des wirklichen Geschehens angesehen werde. Weiter und weiter dringt zwar die Forschung in der Erkenntniß des unendlich verwickelten Getriebes des Organismus, und insonderheit des bisher so dunkeln Stoffwechsels vor, aber noch manches Jahr dürfte verrinnen, ehe wir in einer klaren Reihe aufeinander folgender Metamorphosen die Scala erblicken, welche die einzelnen Stoffe im thierischen Organismus zu durchlaufen bestimmt sind.

Von den übrigen Bestandtheilen des Blutes haben wir

---

*) Vgl. Anmerkung S. 87.

**) Vgl. Bd. I. S. 287.

nur noch Weniges hinzuzufügen, ohne damit jedoch der Folgerung Raum zu geben, als sei ihre Bedeutung eine minder große, wie die der Blutkörperchen. Sind sie es doch eben ohne Zweifel, von denen aus die Neubildung der einzelnen Form- oder Gewebsbestandtheile des Organismus vorzugsweise ausgeht und bedingt wird! Das Eiweiß (Albumin) der Blutflüssigkeit, aus dem Eiweißgehalt der Nahrungsmittel herstammend, ist eine in dem Blutwasser gelöste, stickstoffhaltige Substanz, die bei einer Temperatur von 60° R. gerinnt. Die Gerinnbarkeit, welche es im Magen und Darmcanal verlor (s. S. 217), ist also wieder hergestellt. In ihm finden ohne Frage die meisten Gewebe des Thierkörpers den hauptsächlichen Bildungsstoff; es tritt durch die Wandungen der Capillargefäße hindurch und giebt hier das wesentliche Material für die Zellenbildung ab. Ueber die Bedeutung des Faserstoffs, eine ebenfalls eiweißartige Verbindung, die aber an der Luft sofort gerinnt und der das Blut eben seine Gerinnbarkeit verdankt, ist man noch keineswegs ganz aufgeklärt. Man darf ihn jedoch ohne Frage als ein Umwandlungsprodukt des Eiweißes betrachten, welches sowohl in den Lungen, als auch innerhalb der Gewebe in Folge eines Oxydationsvorganges aus letzterem entstehen mag und später, wie es scheint, zu irgend welchen Umwandlungen in der Leber, deren eines Produkt vielleicht Zucker ist (Lehmann), bestimmt ist. Ueber die Extractivstoffe des Blutes gaben wir schon oben eine Notiz; leider ist man bis dahin noch sehr wenig unterrichtet über dieselben. Und nicht besser steht es mit den an Menge sehr geringen, nur während der Verdauungszeit oft reichlicher im Blute vorhandenen Fetten, von denen Lehmann nur angiebt, „daß sie weniger aus Stearin, Margarin und Elaïn, als aus Stearin-, Margarin-, Oelsäure und Cholestearin bestehen." Die oben genannten unorganischen Bestandtheile des Blutserums endlich sind in demselben gelöst und tragen nicht nur Sorge dafür, daß das Eiweiß und der Faserstoff in bestimmter Auflösung erhalten werden, sondern erlangen auch durch ihre Beziehungen zu den Gasen des Blutes sowohl, als durch ihre Theilnahme an den Bildungsvorgängen der Säfte und Gewebe des Thierkörpers eine überaus hohe Bedeutung. So ist z. B. das phosphorsaure Natron des Blutes ausgezeichnet durch seine Eigenschaft, die dem Blute

von den Geweben aus zugeführte oder in ihm selbst erzeugte Kohlensäure zu absorbiren und weiterhin den Respirationsorganen zuzuführen, so ist ferner der phosphorsaure Kalk wesentlich bei allen Zellenbildungen und also jeder Gewebsbildung betheiligt, so ferner das Chlor des Chlornatrium (Kochsalzes) als die Quelle der in den Magendrüsen gebildeten und für die Auflösung der Nahrungsstoffe im Magen so wichtigen Chlorwasserstoff- oder Salzsäure zu betrachten. —

Was schließlich das Blut der Thiere betrifft, so zeigt das der Wirbelthiere überall noch eine große Aehnlichkeit mit dem des Menschen. Es enthält seine Blutkörperchen, der rothe Farbstoff dieser giebt dem ganzen Blute seine rothe Farbe, und, was die chemische Zusammensetzung der Blutflüssigkeit anbetrifft, so scheint auch diese wenig von der des Menschen zu differiren. Nur in der Form und Größe der Blutkörperchen kommen einige Verschiedenheiten vor. So sind die der Vögel länglich oval (Fig. 198), die der Amphibien meistens sehr groß und ebenfalls oval (Fig. 199, 200 u. 201), die der Säugethiere dagegen rundlich und oft noch kleiner, wie beim Menschen (Fig. 196 u. 197), Verhältnisse, welche ohne Frage für die Größe der Nutz-

Fig. 196.*)

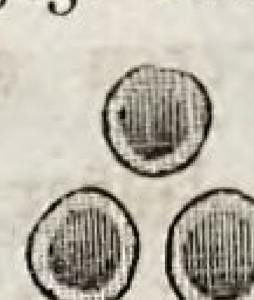


Fig. 197.**)



Fig. 198.***)

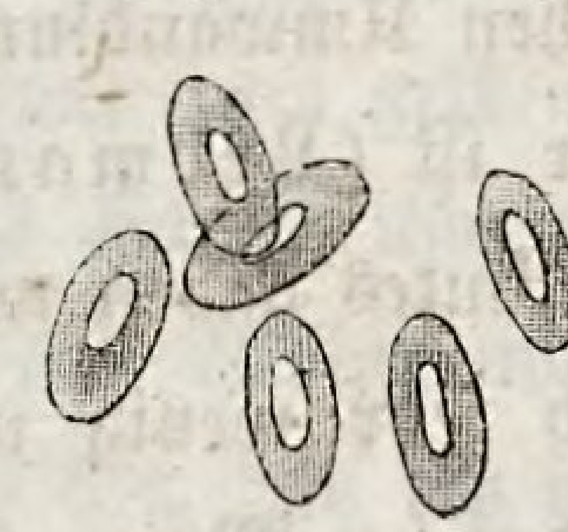


Fig. 199.†)



leistung der Körperchen nicht ohne Bedeutung sind. Anders dagegen verhält es sich mit dem Blute der Wirbellosen. Auch bei ihnen

*) Blutkörperchen des Elephanten, die größten in der Classe der Säugethiere.

**) Blutkörperchen des Kameels. Dieselben sind in der ganzen Familie der Kameele ausnahmsweise von allen Säugethieren nicht rund, sondern elliptisch.

***) Blutkörperchen der Taube.

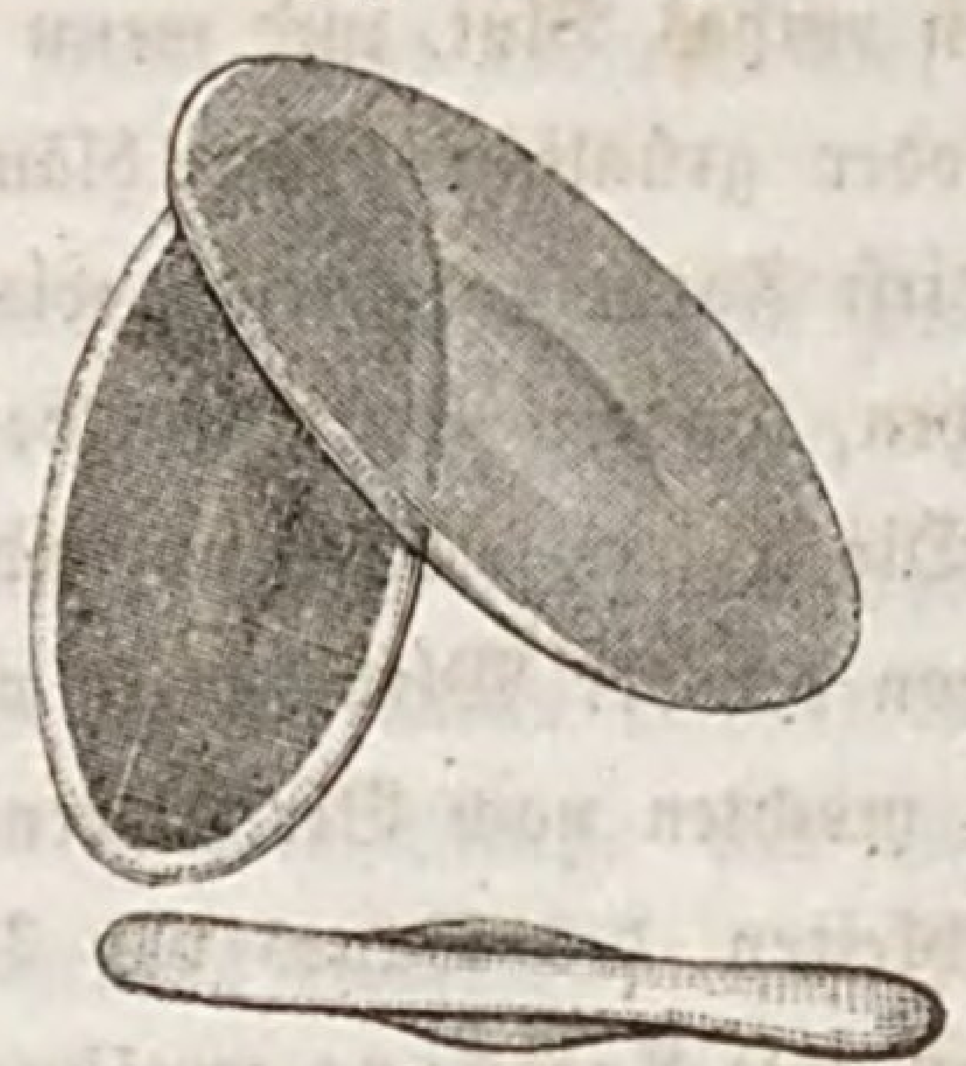
†) Blutkörperchen einer Schlange. a Lymphkörperchen. Sämmtliche Fig. 450—500 mal vergrößert. Nach Ecker a. a. O.

zwar besteht dasselbe aus einer Flüssigkeit und darin schwimmenden

Fig. 200.*)

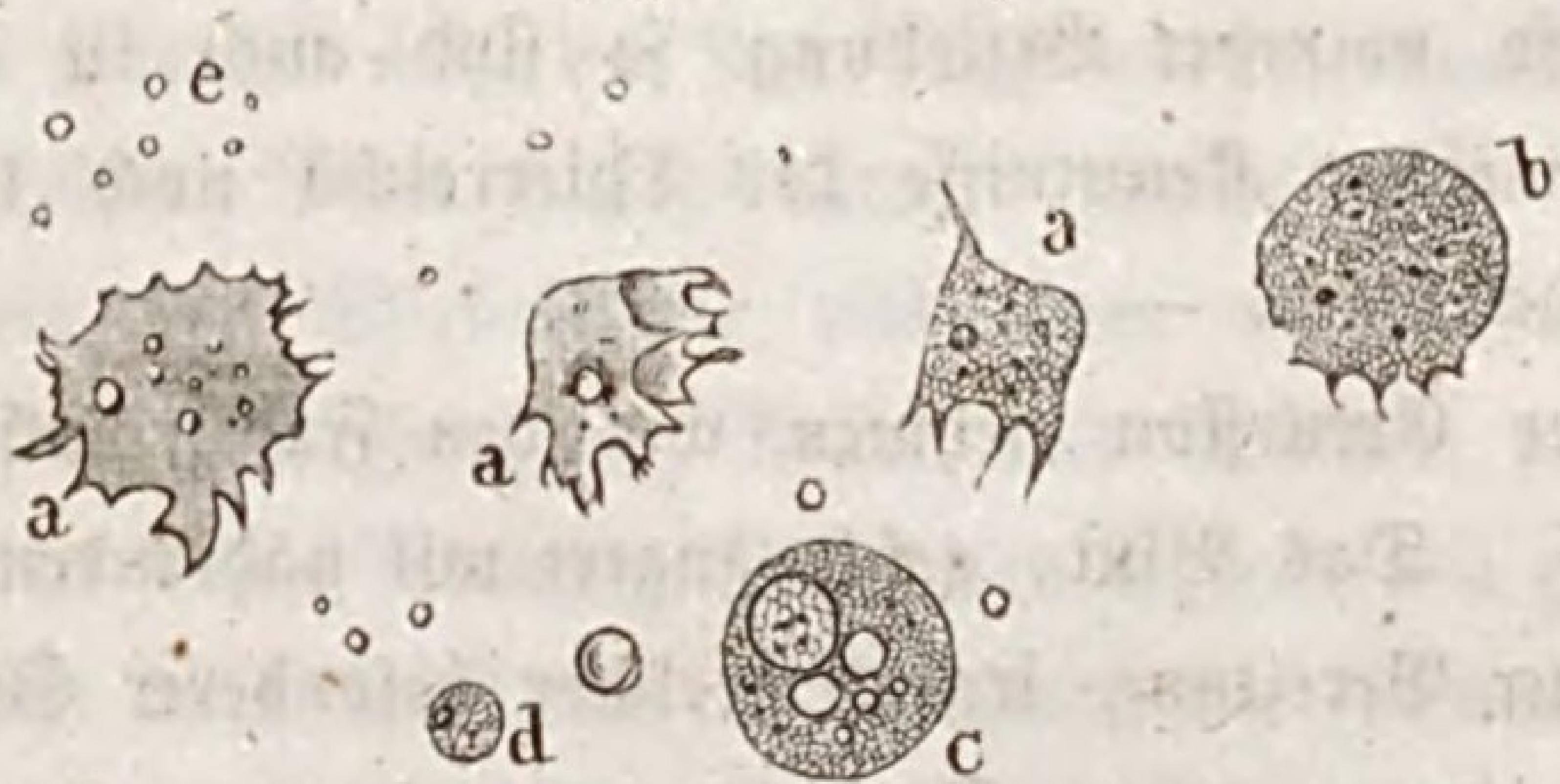


Fig. 201.**)



sog. Blutkörperchen. Aber die letztern, bald in großer, bald in sehr geringer Anzahl vorhanden, sind hier ungefärbt und gleichen in Form und Größe entweder den Chyluskörperchen des Menschen, oder haben auch eine durchaus unregelmäßige gezackte, mit kleinen Hohlräumen versehene Gestalt, wie sie die nebenstehende Figur andeutet (Fig. 202). —

Fig. 202. ***)



---

*) Blutkörperchen vom Frosch. a Von der Kante gesehen.

**) Blutkörperchen vom Proteus anguineus. a Von der Kante gesehen. (Beide Fig. 450—500mal vergröß. Nach Ecker a. a. O.)

***) Blutkörperchen vom Regenwurm. Das rothe Blut desselben besteht aus farblosen Körperchen (abcde) und einer gelblichen Flüssigkeit. Die meisten Körperchen sind unregelmäßig, in sarcodeartige, oft stachlige Fortsätze ausgetrieben, von Hohlräumen durchklüftet. Ob die genannten Fortsätze bloß durch Platzen solcher Hohlräume entstehen, ist zweifelhaft. — a a a Körperchen mit vielen Hohlräumen und stachligen Fortsätzen, die Form und Stelle wechseln; die Hohlräume haben einen gelblichen Schimmer. b Ein solches in Wasser rundlich geworden.

Das ganze Blut erscheint in Folge dessen in der Mehrzahl der Fälle als eine ungefärbte, weiße Flüssigkeit; nur einige Ringelwürmer besitzen noch ein rothes Blut, und wenn andere Wirbellose hie und da ein gelbliches oder grünliches, ein bläuliches oder violettes Blut besitzen, so rührt diese Farbe nicht etwa, wie bei den Wirbelthieren, von den Blutkörperchen, sondern von einem der Blutflüssigkeit beigemischten Farbstoff her. Die letztere selbst betreffend, so scheint ihre Zusammensetzung weniger von der der Wirbelthiere abzuweichen. Nur in einzelnen Beziehungen möchten noch Verschiedenheiten vorkommen, welche mit Eigenthümlichkeiten des Baues der Thiere im Zusammenhang stehen. So läßt uns, wie Leuckart erwähnt,*) die Cellulose im Mantel der Mantelthiere auf eine entsprechende Beschaffenheit des Blutes, auf einen Reichthum an ternären Verbindungen (vielleicht Zucker) zurückschließen; so wird ferner der Gehalt an unorganischen Bestandtheilen mannigfach wechseln, bei den nackten Thieren geringer sein, als bei den gehäusetragenden u. s. w.; auch sei es erwähnt, daß sich bei einigen Wirbellosen statt des Eisens Mangan oder Kupfer im Blute findet. — Doch es erfordern diese Verhältnisse eine noch weit genauere Feststellung; wie in so mancher Beziehung, so sind auch in dieser unsere vergleichend-chemischen Kenntnisse des Thierreichs noch mehr, als in hohem Grade lückenhaft. —

Nach dieser Excursion nehmen wir den Faden unserer Betrachtung wieder auf. Das Blut, geschwängert mit nährenden und solchen Stoffen, die zur Bereitung irgend welcher besonderer Säfte (Drüsensäfte) verwandt oder aus dem Organismus entfernt werden sollen, gelangt also bis in die feinsten Capillargefäße hinein. Unendlich verschieden verhält es sich jetzt gegenüber den diese Gefäßchen umgebenden Geweben. Jenen liefert es die zur Bildung oder Restitution der Gewebe selbst, diesen die zur Galle-, Speichel- oder Darmsaftbereitung erforderlichen, andern wieder die zur gänzlichen Ausscheidung aus dem

---

c Noch mehr abgerundetes Körperchen mit Kern und gelblichen Hohlräumen. d Kerne. e Feine Körnchen. (Nach Ecker a. a. O. Taf. 3. Fig. 21. — 450—500 mal vergröß.)

*) Vergleich. Anat. u. Physiol. S. 167.

Organismus bestimmten Bestandtheile. Wie kommt es in der That, daß das Blut, ohne Wissen und Wollen, den verschiedenartigen Anforderungen der Gewebe genügt, hier die einen, dort andere, dort wieder andere Bestandtheile abgiebt?

Wir können es uns nicht verhehlen, daß wir mit dieser Frage ein noch sehr wenig aufgeklärtes Gebiet der Physiologie betreten. Wollen wir jedoch zu einiger Klarheit, zu einigermaaßen sichern Stützpunkten für unsere Vorstellung gelangen, so ist es vor Allem erforderlich, die feinern, hier obwaltenden anatomischen Verhältnisse ins Auge zu fassen. In aller Kürze sei darüber Folgendes bemerkt:

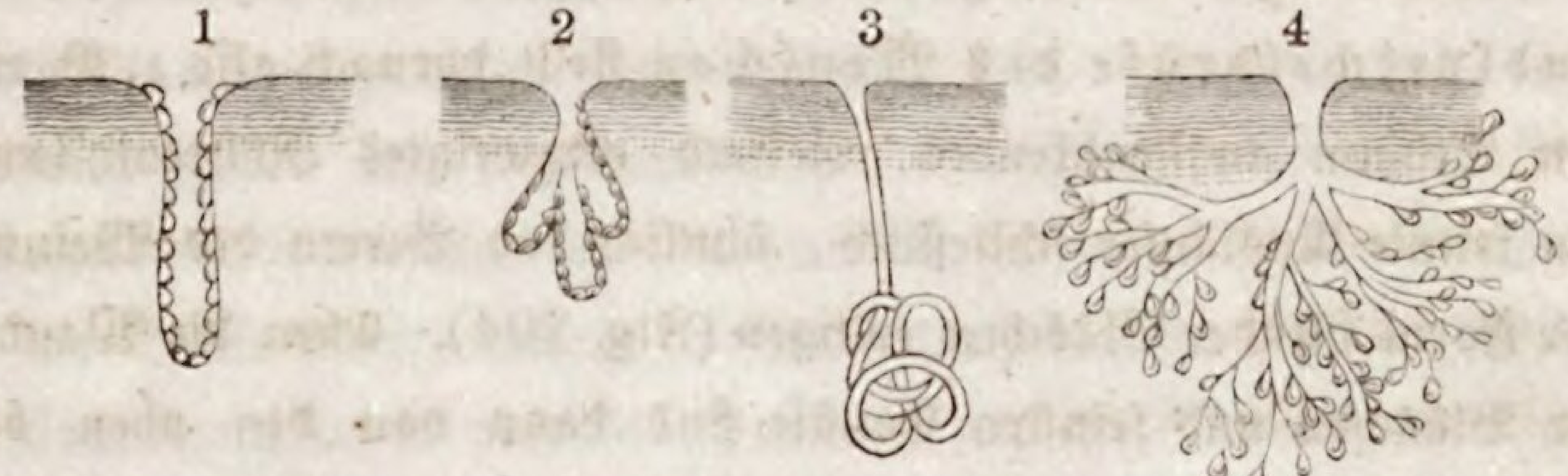
Ueberall im höher entwickelten thierischen Organismus sind die feinsten Blutgefäße, die Capillaren, von Geweben, die ursprünglich oder auch dauernd die Zellenstructur zeigen, dicht umgeben, sei dies Gewebe nun das der Nerven und Nervenzellen, das des Muskels, der Drüsen oder irgend ein andres. Gleichwie die Gefäße der Pflanzen von Parenchymzellen umlagert sind und an bestimmten Localitäten der nährende Saft aus jenen in diese übertritt, also liegen auch den feinsten Blutgefäßen des Thieres zellige, mit Flüssigkeiten getränkte Gebilde von den verschiedensten Formen an, der Art, daß ein Austausch der beiderseitigen Flüssigkeiten Statt haben kann. Stelle man sich das ganze Blutgefäßsystem der Wirbelthiere wie einen entblätterten Baum mit seinen Tausenden von Zweigen, Aesten und Aestchen vor, denke man sich ferner jeden freien Raum zwischen den letztern mit zelligen Gebilden ausgefüllt, und man wird ein im Allgemeinen richtiges Bild von der Verbreitung der arteriellen Blutgefäße zwischen den Geweben des Körpers vor Augen haben. — Doch die aufmerksame mikroscopische Betrachtung der durch Injection gefärbter Massen kenntlich gemachten feinsten Blutgefäße hat uns mehr gelehrt. Die tausendfältigsten Verschiedenheiten kommen vor, einerseits in der Vertheilung, der Menge und dem Verlauf der Capillaren, andrerseits in der Dichtigkeit oder Form des Gewebes, und daß sich darnach auch die Beziehungen zwischen Blut und Gewebe äußerst verschieden gestalten müssen, bedarf kaum noch der Erwähnung. Dort durchströmt das Blut in langgestreckten Gefäßchen in raschem Flusse ein Gewebe, und nur ein flüchtiger, ein unbedeutender Stoffaustausch ist ihm gestattet; dort wird es durch vielfache Verzweigungen

oder Krümmungen der Capillaren zu einem längeren Verweilen und langsameren Flusse in dem betreffenden Gewebe genöthigt, und eine innigere Wechselwirkung zwischen beiden ist damit ermöglicht; dort ist ein Gewebe überreich an Blutgefäßen und kann in jedem Augenblick große Mengen dieser oder jener Bestandtheile aus ihnen beziehen; hier ist es so compact, daß es auch nicht dem kleinsten Arterienästchen den Durchtritt gestattet, von einem entfernteren Blutgefäß vielmehr seinen Nahrungsstoff beziehen muß, und nur dadurch in seiner Integrität erhalten wird, daß dieser von Zelle zu Zelle sich verbreitet oder in besondern zarten Hohlräumen und Canälen, wie wir sie bei der Hornhaut des Auges oder im Knochen kennen lernten, den einzelnen Gewebsbestandtheilen zugeführt wird. Müssen nicht derartige Verhältnisse für die Ernährung, für den Stoffwechsel eines jeden Gewebes von größter Bedeutung sein? — Das Gewebe des Muskels lernten wir bereits kennen. Zwischen seinen einzelnen Fasern verlaufen der Länge nach die feinsten Blutgefäße, und, durch Queräste verbunden, umstricken und durchweben sie ihn gleich einem Fadennetze. Das Gewebe der Nervenbündel lernten wir gleichfalls kennen. Auch sie sind der Länge nach von feinsten Blutgefäßchen begleitet und umstrickt, und zwischen den Ganglienzellenmassen verbreiten sich dieselben nicht minder in zartester Verästelung. Den feinern Bau der Knochen haben wir ebenfalls gezeichnet. Ihr compactes Gewebe ist nur von wenigen Blutgefäßen durchzogen. Aber es tritt hier der letzte der oben erwähnten Fälle ein, und von Canälchen zu Canälchen dringt der den wenigen Blutgefäßen entzogene Nahrungssaft bis in alle Theile des Knochens vor. Die verschiedenartigen Drüsen endlich sind am reichsten von allen Organen mit Blutgefäßen versehen; in der mannigfaltigsten Anordnung sind dieselben in ihnen verbreitet; bald zu Knäueln aufgerollt, wie in den Nieren, bald zu Netzen verbunden, wie in der Leber, bald sich zweigförmig an den Drüsenzellen verbreitend, wie in den Speicheldrüsen. Doch um uns davon ein Bild verschaffen zu können, müssen wir mit dem feinern Bau der Drüsen überhaupt erst bekannt sein. Wie also zunächst steht es um diesen?

Bei Anlage einer Drüse hat die Natur überall offenbar den Plan verfolgt, auf einem beschränkten, oft kleinsten Raum eine möglichst

große Hautfläche auszubreiten. Dieser Plan ist durch sack- oder röhrenförmige Einstülpungen der natürlichen äußern oder innern Hautoberflächen realisirt. Die so gebildeten Einstülpungen sollten dann aber einerseits von Blutgefäßen umsponnen, andrerseits dagegen mit besondern Zellen, den sog. Drüsenzellen, welche zur Bildung des Drüsensaftes erforderlich waren, ausgekleidet sein, und im einfachsten Falle besteht darnach eine Drüse aus einer einfachen Einstülpung der äußern Haut oder der Schleimhaut der Verdauungs- und anderer Organe; die Innenwand dieser Einstülpung ist mit einer Zellenschicht ausgekleidet und das Material zur Bereitung des Drüsensaftes wird dieser Zellenschicht, so wie der eingestülpten Haut selbst von einem Blutgefäßnetze von außen zugeführt (Fig. 203, 1). Um die absondernde Fläche aber

Fig. 203.



Schemata des Baues der Drüsen.*)

noch zu vergrößern, wurde die einfache Ausbuchtung hier zu bedeutender Länge ausgedehnt, knäuelförmig aufgerollt, dort nach verschiedenen Seiten hin nochmals eingestülpt oder ausgebuchtet, und denkt man sich diese Einstülpungen in baumförmiger Verzweigung immer weiter fortgesetzt, denkt man sich die feinsten und letzten dieser Verzweigungen blind endigend, dicht und massenweise zusammengelagert und mit Zellen im Innern ausgekleidet, so kommt man zu der Vorstellung von dem Baue einer sog. zusammengesetzten, traubenförmigen Drüse (s. Fig. 203, 4). Die äußerste, letzte Endigung der Canäle ist aber in

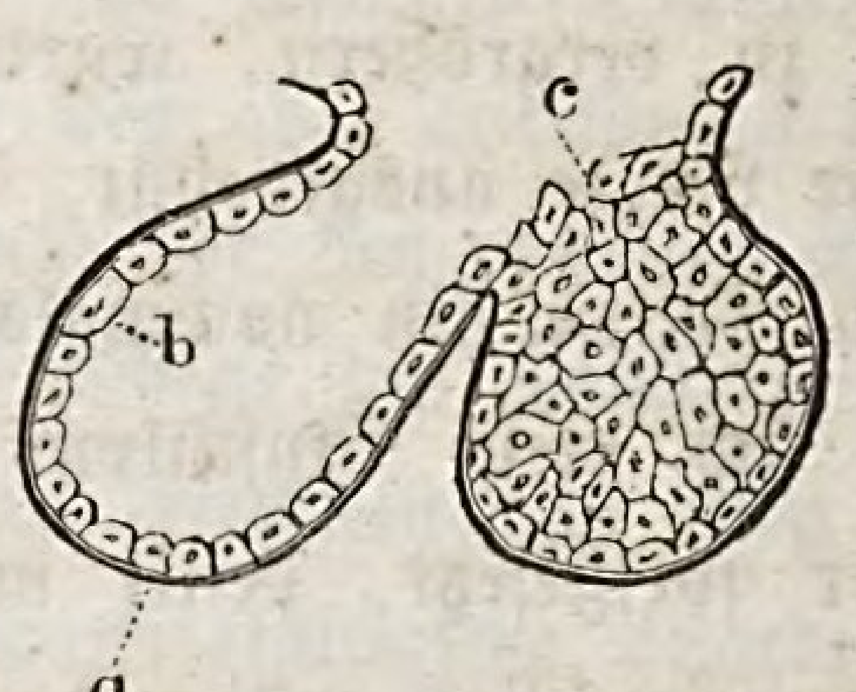
*) Die einfachste Form wie in 1, findet sich z. B. bei den Magendrüsen (s. Fig. 180 u. 181. S. 216); eine höhere Entwicklungsstufe, wie in 2, bei den Schleimdrüschen der Mundhöhle. — In der Form eines aufgerollten Canals, wie in 3, erscheinen die Schweißdrüsen der Haut. In 4 ist das Schema vom Bau einer Mundspeicheldrüse dargestellt.

verschiedenen Drüsen verschieden. Bald stellen sie in der That geschlossene Bläschen dar und diese sind mit einer Zellenschicht gleichmäßig ausgekleidet, bald sind sie, wie z. B. in der Leber, an und für sich offen, aber durch die in diesem Falle zu kleinen Haufen vereinigten Drüsenzellen verschlossen, der Art, daß der in den letzteren bereitete Drüsensaft dennoch immer in den Canal hineinsickern muß (s. Fig. 207); bald wieder endigen sie, wie bei der knäuelförmigen Aufrollung, einfach blind, bald biegt sich der Canal, mit oder ohne Bildung solcher Knäuel, schlingenförmig um, um in sein eignes Anfangsstück wieder einzumünden. Immer aber verbinden sich insonderheit den äußersten Endigungen der Canäle und den mit ihnen verbundenen Drüsenzellen die feinsten Blutgefäße, sei es nun in Form eines Netzes oder in andrer Form, und immer wird den Drüsenzellen von diesen Blutgefäßen das Material zur Bildung des Drüsensaftes überliefert. — Eine Mundspeicheldrüse des Menschen stellt darnach also z. B. ein von einem Stamm ausstrahlendes, vielfach verzweigtes Röhrensystem dar, dessen feinste Ausläufer schließlich, ähnlich den Beeren der Weintraube, in der Form blinder Bläschen endigen (Fig. 204). Eben die Wandungen dieser Bläschen und feinsten Canäle sind dann von den oben bezeichneten Zellen dicht ausgekleidet (Fig. 205), und von Blutgefäßchen und

Fig. 204. *)



Fig. 205. **)



*) Die Läppchen einer Speicheldrüse eines viermonatlichen Embryo. Die birnförmigen Endbläschen sind beim Erwachsenen buchtig, rund; der Bau der ganzen Drüse erhellt aber aus der Zeichnung sehr deutlich. — 16 Mal vergrößert. (Ecker a. a. O. Taf. 9. Fig. 6.)

**) Zwei einzelne Drüsenbläschen, 300mal vergrößert. Nach Kölliker Mikroscop. Anatom. Bd. II. S. 38. — a Die eigentliche Drüsen-

wahrscheinlich auch Nervenendigungen durchwirkt, und während in ihnen selbst die Speichelflüssigkeit bereitet wird, dienen die Röhrchen und Röhren, die schließlich in einem Stamm sich vereinigen, dazu, die ihnen überlieferte Flüssigkeit dem Munde zuzuführen. Nach diesem Schema sind viele Drüsen gebaut, und, einerlei ob sie ein verzweigtes Röhrensystem enthalten oder nur einfache Blindsäckchen mit einem Ausführungsgange darstellen, immer findet sich in ihnen die den specifischen Absonderungssaft bereitende Zellenschicht, oder es hat doch, wo sich eine solche nicht findet, ein ständiger Zellenbildungsproceß in ihnen Statt. Im letztern Falle werden dann, wie z. B. in den Magendrüsen, die stets neu erzeugten Zellen mit den flüssigen Bestandtheilen des Absonderungssaftes aus der Drüse hinausgeschwemmt (s. S. 215), sie werden, mit andern Worten, nicht bleibende Formbestandtheile der Drüse selbst, wie die bezeichnete Zellenschicht der Speicheldrüsen. Ist es aber möglich, die Analogie zwischen jenen ständig neu erzeugten und fortgeschwemmten Zellen und den letztern zu verkennen? Es muß freilich noch dahin gestellt bleiben, in wie fern die scheinbar festsitzende Zellenschicht der Drüse selbst, wie z. B. der Speicheldrüse, bei der Bildung des Absonderungssaftes materiell betheiligt ist, ob sie durch den eigenen allmähligen Zerfall oder die eigene Auflösung einen Beitrag zu demselben liefert. Unwahrscheinlich ist es jedoch nicht, daß auch all diese Zellenschichten keine dauernde Existenz haben, sondern oftmals untergehen und eben so oft neu entstehen, und ist dem so, so würden wir auch hier, wie bei den Labzellen der Magendrüsen oder bei den Blutkörperchen, in dem Zellenbildungsproceß ein Mittel zur Erzeugung gewisser Substanzen, die zu irgend welchen Metamorphosen der Nahrungsstoffe oder irgend welchen Bildungsprocessen erforderlich sind, ein Mittel vielleicht zur Erzeugung der eigenthümlichen Fermentsubstanzen, die wir im Speichel und Bauchspeicheldrüsensafte kennen lernten, anerkennen müssen. Wir nähern uns immer mehr der Anschauung, daß neben den zu bleibenden Gewebsbestandtheilen werdenden Zellen, Millionen von Zellen

---

bläschenhaut. b Die Drüsenbläschen, wie sie im ideellen Durchschnitt erscheinen. c Die Drüsenzellen, von der Fläche gesehen, das Innere des Drüsenbläschens auskleidend. —

im thierischen Organismus erzeugt werden, welche eine nur ganz momentane oder ephemere Existenz haben und nur als Mittel zur Herstellung gewisser chemischer Verbindungen und damit zur Einleitung gewisser Stoffmetamorphosen (Fermentationsvorgänge) zu betrachten sind. Doch wir bewegen uns hier noch auf einem dunkeln Gebiete, und um so mehr nur wollen wir uns auf eine kurze Andeutung beschränken. — Mit dem Bau der Leber verhält es sich, wie erwähnt, anders. In ihr bilden die Aeste der Pfortader (s. S. 242) eine unendliche Anzahl kleiner Gefäßnetze, wie sie in Fig. 206 dargestellt sind, und während diese Gefäße selbst gleichsam ein Gerüst von Tausenden kleinster und eng verbundener sog. „Leberläppchen" oder „Leberinseln" bilden, sind ihre Zwischenräume oder Maschen mit den zusammengelagerten Drüsenzellen (Leberzellen) (Fig. 207) ausgefüllt.

Fig. 206.*)

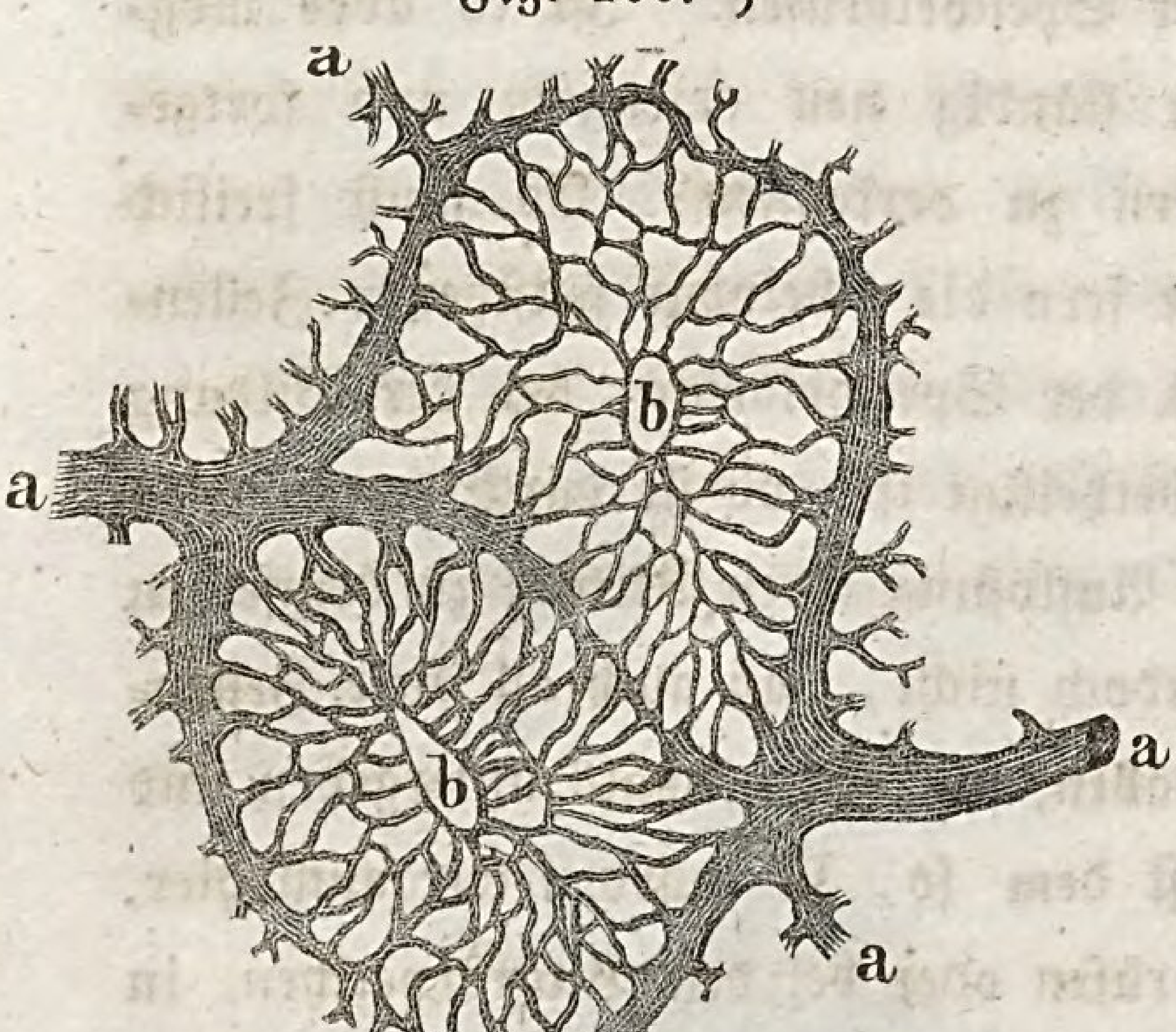
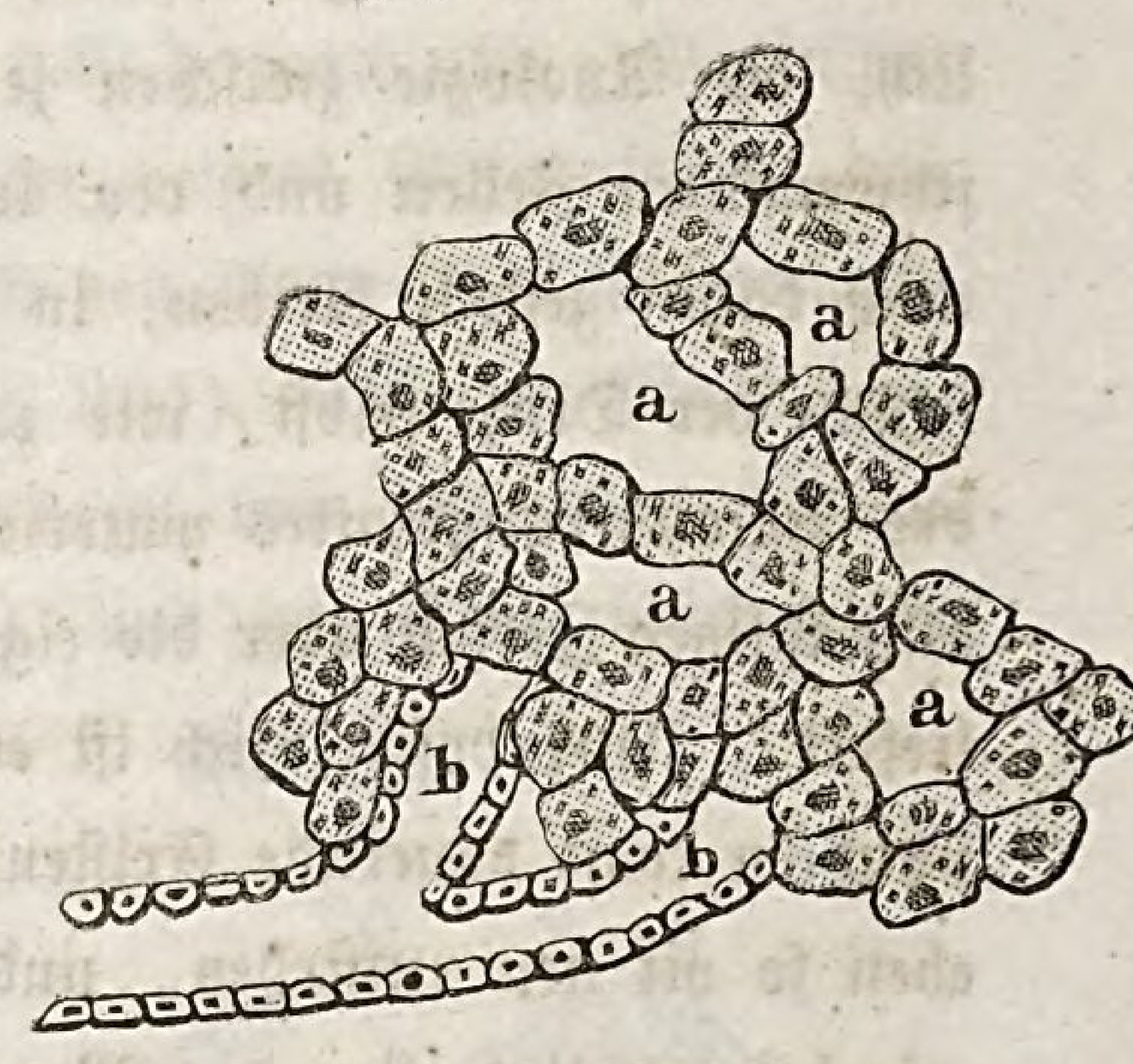


Fig. 207.



*) Die Verzweigung der Aestchen der Pfortader in den Leberläppchen oder Leberinseln (25mal vergrößert). Die Aestchen aaa fließen zusammen, geben nach allen Seiten hin kleinere Zweige ab, die Zweige verästeln sich wieder, bilden ein Capillargefäßnetz, und die einzelnen Capillaren münden dann in den in dem Centrum eines jeden Läppchens verlaufenden Ast der Lebervene (bb), durch welche das Blut wieder aus der Leber fortgeführt wird. Die einzelnen Maschenräume zwischen den Pfortaderzweigen sind nun mit den sog. Leberzellen ausgefüllt, die in Fig. 207 450mal vergrößert dargestellt sind. Die Lücken aaa sind als von den Pfortaderzweigelchen ausgefüllt zu denken. Die in den Zellen

Die Aestchen jener Gefäßnetze laufen dann überall und zwar in jedem Läppchen in einen in der Mitte desselben liegenden Venenast, — einen Ast der Lebervene, welche das Blut wieder aus der Leber hinaus und auf den Weg zum Herzen bringt, — zusammen; die in den Drüsenzellen bereitete Galle wird dagegen den sog. Gallengängen, deren Anfang man sich in der in Fig. 207 dargestellten Weise zu denken hat, überliefert und von diesen endlich dem Hauptgallengange, welcher einmal zur Gallenblase und andrerseits in den Darmcanal führt, übergeben. Auch hier ist es fraglich, ob nicht etwa einzelne dieser Drüsenzellen bei der Bildung der Galle materiell betheiligt sind, sich also auflösen und ständig durch neue ersetzt werden. Doch, wie immer, diese Drüsenzellen sind, ebenso wie die oben bezeichnete Zellenschicht der traubenförmigen Speicheldrüsen, die eigentlichen und wesentlichen Vermittler der Bildung des Drüsensaftes; das Material dazu wird ihnen von den sie umstrickenden Blutgefäßen zugeführt, und auf die Darstellung nur dieses Verhältnisses kam es uns gegenwärtig an.

Die anatomischen Beziehungen der Blutgefäße zu den Geweben sind damit im Allgemeinen gezeichnet. Die Darstellung besonderer Verhältnisse einzelner aussondernder Drüsen, wie der Nieren, der Hautdrüsen u. s. w. behalten wir uns noch für den folgenden Vortrag vor. Wie denn also, so fragen wir jetzt von Neuem, kommt es, daß das Blut diesen Geweben diese, jenen andre, und jener wieder andere Bestandtheile überliefert? Oder, um es sogleich richtiger auszudrücken, wie geschieht es, daß dem Blute das eine Gewebe diese, das andre jene, ein drittes wieder andre Bestandtheile entzieht?

Als wir von der Aufnahme des Nahrungssaftes im Darmcanal von Seiten der Blutgefäße sprachen, machten wir auf die diese Aufnahme regulirenden Gesetze der En- und Exosmose aufmerksam und wiesen nach, daß dieselben bei der Aufsaugung jenes Saftes ohne Frage

---

bereitete Galle fließt aber von ihnen aus in die ersten Anfänge der Gallengänge b b hinein, die allmählig zu immer größern Canälen und schließlich zu dem einen großen Lebergallengang zusammentreten. (Nach Ecker und Kölliker a. a. O. — Ecker Taf. 7. Fig. 7 und 3. Kölliker Bd. II. S. 220.)

eine bedeutende Rolle spielen. Treffen wir jetzt aber, gleichsam an dem entgegengesetzten Ende der Blutgefäße, nicht auf durchaus ähnliche Verhältnisse? Das Blut ist hier der Nahrungssaft, die die Blutgefäße umgebenden, mit Flüssigkeiten getränkten Zellen stehen ihm, wie dort die Blutgefäße dem Nahrungssaft, gegenüber. Müssen also nicht auch hier die Gesetze der Diffusion der Flüssigkeiten für den Austausch der in den Blutgefäßen und in den Zellen enthaltenen Fluida von größter Bedeutung sein? Ist der Muskel oder der Nerv arm an Wasser, so wird er dem Blute Wasser entziehen, und ist der Muskel oder der Nerv reich an gewissen Säuren, haben die sie durchtränkenden Flüssigkeiten eine saure Reaction, wie es insonderheit von dem durch Arbeit ermüdeten Muskel bekannt ist, so werden gewisse Bestandtheile dieser Flüssigkeiten mit Nothwendigkeit nach den Gesetzen der Diffusion in das alkalisch reagirende Blut eintreten müssen. Daran, in der That, kann kein Zweifel mehr sein, daß die Diffusionsvorgänge zwischen Blut und den elementaren Gewebsbestandtheilen, d. h. den Zellen, für die gesammten Ernährungserscheinungen der Gewebe von größter Bedeutung sind. Aber noch weiter. Wir erwähnten, daß die Vertheilung, Anordnung und Anzahl der Blutgefäße in verschiedenen Geweben äußerst verschieden seien, daß das Blut in Folge dessen ein Gewebe langsamer oder rascher durchströme, als ein andres; wir fügen hinzu, daß das Blut in Folge eben dieser Verhältnisse in verschiedenen Geweben auch unter einem verschiedenen Drucke steht. Sind das aber nicht sämmtlich Verhältnisse, die auf den Diffusionsvorgang modificirend einwirken müssen? Wir haben uns ferner vorzustellen, daß die die Blutgefäße umlagernden Zellen mit verschiedenartigen Flüssigkeiten durchtränkt, daß ihre Wandungen hie und da eine verschiedene Dicke oder Dichtigkeit besitzen, daß sie darnach bald nur diese, bald nur jene Flüssigkeiten durch sich hindurchtreten lassen, und daß auch darnach der Diffusionsvorgang die mannigfachsten Abänderungen erfahren muß, ist seit jener Zeit gewiß, wo wir von der specifischen Verschiedenheit verschiedener Zellen und Zellencomplexe in Kenntniß gesetzt sind. Endlich sei es noch erwähnt, daß das Blut keineswegs überall, in allen Theilen seiner Bahn, dieselbe Zusammensetzung hat; das in die Leber eindringende Pfortaderblut ist z. B. mit andern Stoffen geschwängert, als das zu den Speicheldrüsen

oder zu dem Muskel fließende arterielle Blut; *) und daß auch darnach wieder in den Diffusionsvorgängen zwischen Blut und Gewebsflüssigkeiten eine mannigfaltige Verschiedenheit obwalten muß, unterliegt keinem Zweifel. So haben wir eine lange Reihe physikalischer Verhältnisse vor uns, die die Stoffabgabe und Stoffaufnahme von Seiten des Blutes und der Gewebe reguliren, und wir dürfen ohne Frage behaupten, daß die Feinheit und Extensität dieser Verhältnisse einen weit größeren Umfang besitzt, als wir uns bis dahin vorzustellen oder gar durch das Experiment klar zu machen vermögen. Ob jedoch eine auch richtige und klare Erkenntniß der hier obwaltenden Verhältnisse eine genügende Erklärung der verschiedenartigen Beziehungen zwischen Blut und Geweben ermöglichen wird? — Ob es nur die bezeichneten physikalischen Verhältnisse sind, die den Uebertritt gewisser Blutbestandtheile in nur gewisse Gewebe oder Zellencomplexe bedingen? — Wir müssen die bestimmte Antwort auf diese schwierigen Fragen hier ebenso schuldig bleiben, wie dort, wo es sich um den Uebertritt der Nahrungsstoffe aus dem Darmcanal in die Darmzotten handelte (vgl. S. 239). — Scheinen will es jedoch, daß überall, wo es sich um den Diffusionsvorgang, um die Ausscheidung des Materiales zur Zellenernährung, Zellenbildung und Drüsensaftbereitung handelt, auch noch andre, als die erwähnten Einflüsse obwalten, und wenn es insonderheit schwer halten würde, mit jenen allein die specifischen Functionen der verschiedenartigen Drüsen zu erklären, wenn wir in ihnen kaum einen Anhalt finden, um hier die Bildung der Galle, dort die Bildung des Speichels, dort die des Magensaftes zu begreifen, so wollen wir uns nur um so mehr des früher (S. 118) erwähnten, berühmten Speichelexperimentes von Ludwig erinnern, um eingedenk zu sein, daß auch die Electricität bei diesen Vorgängen möglicherweise eine bedeutende Rolle spielen kann. In jenem Experimente sahen wir auf Reizung des zu den Speicheldrüsen verlaufenden Nerven durch den electrischen Strom, bei Ausschluß aller etwaigen andern Einflüsse, die Menge des abgesonderten Speichels sofort beträchtlich zunehmen, und so wenig wir uns diesen Eingriff des Nervensystems in den Vorgang der Absonderung

*) Vgl. hierüber den 14. Vortrag.

auch noch zu deuten vermögen; die Thatsache steht fest und es erhellt daraus, daß die electrischen Kräfte des Nervensystems wahrscheinlicher Weise auch hier einen bestimmten und mächtigen Einfluß ausüben. Es sind diese Kräfte nach jenem Experiment nicht mehr eine Zufluchtsstätte der Unwissenheit; die „allverbreitete" Kraft, welche auf Stoffzersetzung und Stoffverbindung so mächtig einwirkt, sie scheint vielmehr auch hier mit Bestimmtheit in Frage zu stehen. Wenn es aber wahr ist, daß in den Organismen ein form- und stoffbildendes Princip waltet, so sollte man in Anerkennung solcher Thatsachen eher die Frage in Betracht ziehen, ob jenes Princip nicht identisch sei mit der electrischen Kraft der Organismen, die uns in ihren eigenthümlichen Aeußerungen in denselben ja kaum bekannt zu werden beginnt, als man mit dictatorischer Bestimmtheit jenes Princip als etwas für die Organismen Specifisches, Eigenthümliches und als dasjenige proclamirt, was man bisher mit der dunklen Bezeichnung der „Lebenskraft" belegte. —

Wir haben die Nahrungsstoffe jetzt durch das Blut hindurch, aus dem Blute hinaus und in die Gewebe hinein verfolgt. Es ist nachdrücklich hervorgehoben, daß das eine Gewebe dem Blute andre Bestandtheile entzieht, als ein zweites oder drittes. Was wird nun mit ihnen? Im Allgemeinen haben wir es schon angedeutet. Hier findet eine Neubildung von Zellen und Geweben Statt, dort werden besondere Säfte präparirt; hier bilden sich Muskel-, Nerven-, Knochengewebe oder Drüsenzellen, dort entstehen Galle, Speichel, Darmsaft u. s. w. Aber, wunderbar genug, Gewebe und Säfte bestehen jetzt aus ganz neuen Verbindungen, aus Verbindungen, die zum großen Theil vorher gar nicht im Blute enthalten waren. Das Syntonin des Muskels, der Fermentstoff des Speichels, die Taurocholsäure und Glycocholsäure der Galle u. s. w., sie waren als solche nicht in dem Blute vorhanden. Bleibt also, um ihr Vorhandensein zu erklären, eine andre Annahme übrig, als daß ein Theil der aus dem Blute in die Gewebe oder Drüsenzellen übergetretenen Bestandtheile sofort weitern Metamorphosen unterliegt? Daß sofort, nachdem sie das Blutgefäßsystem verlassen haben, neue Kräfte, Kräfte, die nothwendiger Weise in den Geweben selbst und deren einzelne Zellen ihren Sitz haben müssen, auf sie einwirken? Wir können in der That nicht zweifelhaft sein, daß dem so ist.

Doch eben so wenig, wie wir die verschiedenartigen Stoffgemenge selbst kennen, die aus dem Blute in die verschiedenartigen Gewebe übertreten, wissen wir etwas Näheres über diese Metamorphosen, und mit der Frage nach ihnen betreten wir das schwierigste Gebiet der Physiologie. Wir müssen uns vorläufig mit der ganz allgemeinen Anschauung begnügen, daß die in die verschiedenen Gewebe und Drüsenzellen eingetretenen Blutbestandtheile gewissen, und in verschiedenen Organen verschiedenen Spaltungen in einfachere Verbindungen oder gewissen Metamorphosen, die, wie man annimmt, durch eine verschiedene Lagerung der Atome herbeigeführt werden, unterliegen, und daß sich so aus gewissen Blutbestandtheilen z. B. die Bestandtheile der Galle, aus andern das Syntonin des Muskels, aus andern die Fermentsubstanz des Speichels u. s. w. hervorbildet. Es ist dabei die doppelte Möglichkeit vorhanden, daß die vom Blute in die Gewebe übergetretenen Bestandtheile entweder sämmtlich eine gewisse Zeit lang den letztern verbleiben und nur ihre Form, ihre atomistische Gruppirung ändern, oder daß sie nach erfolgter Metamorphose oder Spaltung nur zum Theil in dem Gewebe zurückgehalten werden, zum Theil dagegen in das Blut zurücktreten. Im letztern Falle haben wir dann die Gewebe oder die Drüsenzellen, ähnlich wie die Blutkörperchen, geradezu als Bildungsheerde, als chemische Laboratorien gewisser Gewebs- oder Drüsensaftbestandtheile einer-, und gewisser zu weiterer Verwendung oder zur Ausscheidung aus dem Organismus bestimmter Blutbestandtheile andrerseits zu betrachten, und daß dieses Verhältniß ein thatsächliches ist, ist als sicher anzunehmen. Es gehört hierher z. B. jener durch C. Schmidt so wahrscheinlich gemachte, früher (S. 222) erwähnte Zerfall des Kochsalzes in der Bauchspeicheldrüse in Chlorwasserstoffsäure und Natron, von denen die erstere dann ins Blut zurücktritt und mit ihm dem Magen zugeführt wird, um Bestandtheil des Magensaftes zu werden, das letztere dagegen in die Mischung des Bauchspeicheldrüsensaftes eingeht, um mit ihm dem Darmcanal zuzufließen. Es gehört hierher ferner jene eigenthümliche Spaltung gewisser organischer Verbindungen, vielleicht des Hüllenstoffs und des Globulins der Blutkörperchen (S. 267), aus welcher vermuthlich in der Milz und Bauchspeicheldrüse einerseits gewisse, dem Safte der Drüse oder den Bildungsproducten der Milz einverleibte Verbindungen,

andrerseits jene früher erwähnten, Leucin und Tyrosin genannte Verbindungen *) resultiren, welche dann ins Blut zurücktreten, der Leber zugeführt werden und hier wahrscheinlich eine abermalige Metamorphose, und zwar eine Metamorphose zu Gallenbestandtheilen erleiden. Doch wir treffen hier kaum auf eine festgestellte Thatsache, wir ahnen und vermuthen nur, daß die physiologischen Ereignisse in den Geweben oder Drüsenzellen der oder der Art sein können und müssen, und fragen wir gar nach den Ursachen der fraglichen Spaltungen und Metamorphosen, so sehen wir uns noch mehr von jeder bestimmten Antwort verlassen, so wahrscheinlich es auch ist, daß auch hier wieder electrische, in den einzelnen Zellencomplexen oder Organen verschiedene, unserm Verständniß bis dahin aber gänzlich entzogene Kräfte eine überaus hervorragende Rolle spielen.

Begnügen wir uns also mit dem Wissen, daß in den Drüsenzellen der verschiedenen Drüsen die verschiedenen Absonderungssäfte, als Galle, Speichel, Magensaft, Darmsaft u. s. w. zubereitet werden, und daß ihnen das Material dazu von dem Blute aus geliefert wird, daß ferner die chemischen Bestandtheile sowohl, als die Formelemente der Gewebe zum größten Theil ebenfalls erst innerhalb derselben, also außerhalb des Blutes gebildet werden und daß das Material auch zu diesen Bildungsvorgängen ebenfalls und mit strenger Nothwendigkeit von dem Blute aus geliefert wird. Ueber die Einzelnheiten des Geschehens in diesen Beziehungen haben wir alle Aufklärung noch von der Zukunft zu hoffen. Sind die Drüsensäfte aber einmal bereitet, so fließen sie, wie wir bereits wissen, continuirlich oder auf gegebenen Nervenreiz aus den Zellen in die Abführungscanäle der Drüsen und von diesen aus ihrem letzten Bestimmungsort, dem Orte, wo sie zur Wirkung kommen sollen, zu; und ist andrerseits das Material zur Restitution oder Neubildung von Geweben einmal in diese hineingedrungen, so nimmt es zum Theil wenigstens Form und Gestalt eben des Gewebes an, welches es durchtränkt. — Doch wie erfolgt diese Gestaltung? Wie wird das formlose Material zum Formbestandtheil der Gewebe selbst? — Lassen

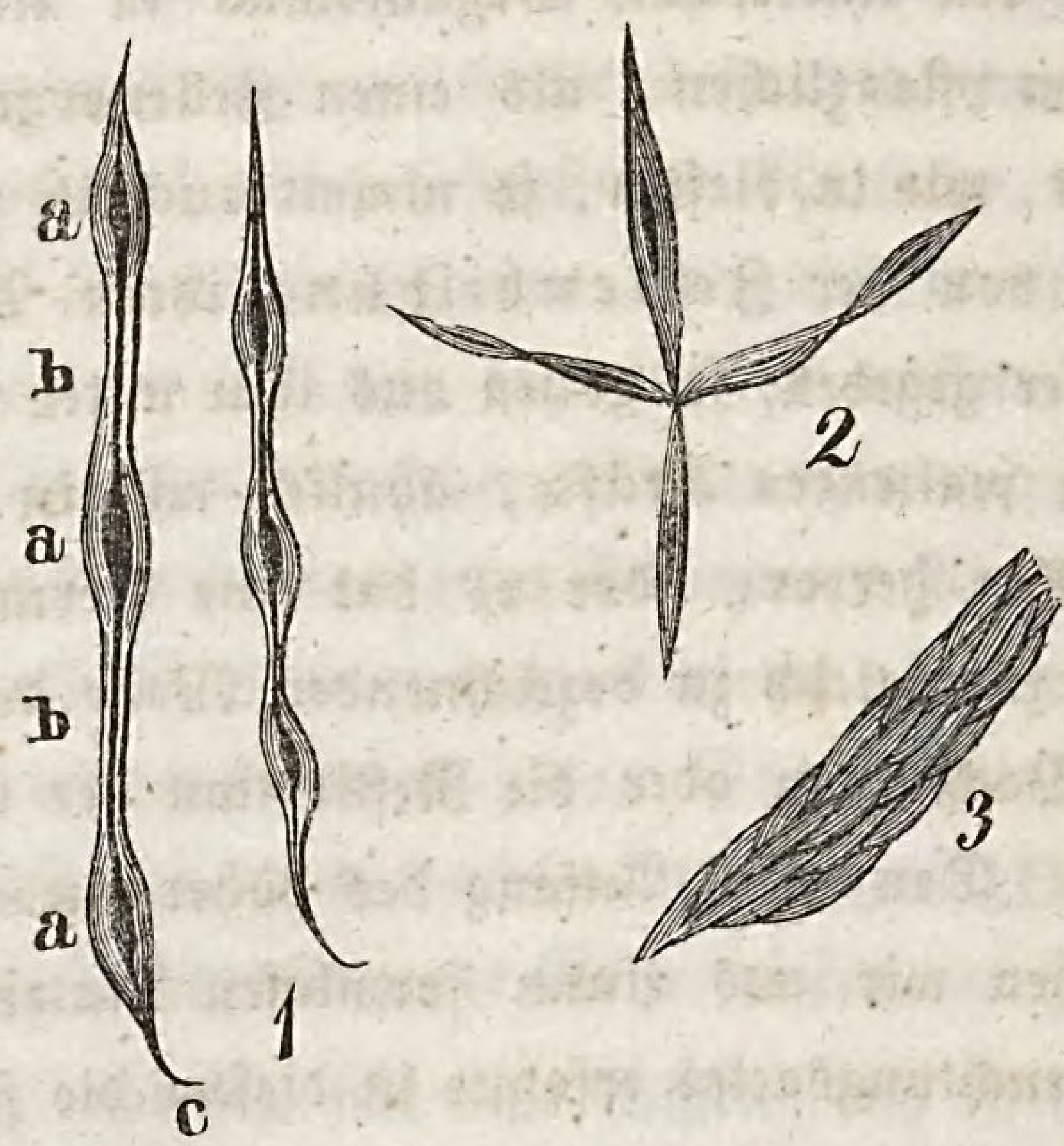
*) Vgl. S. 222.

wir eine kurze Betrachtung dieses Actes der Lebensvorgänge den Schluß unserer gegenwärtigen Betrachtung bilden.

Wir haben den thierischen Organismus in einem frühern Vortrage, gleich dem pflanzlichen, als einen Zellenorganismus bezeichnet, und, in der That, wie in diesem, so nimmt auch in jenem die Gewebsbildung überall von der Zellenbildung ihren Ausgang. Ist das Material zu dieser gegeben, so gehen aus ihm unter Einwirkung der in den Organismen waltenden Kräfte, ähnlich wie in den Drüsen, entweder direct Zellen hervor, oder es hat eine Vermehrung schon vorhandener Zellen in sogleich zu bezeichnender Weise der Art Statt, daß damit für das Wachsthum oder die Restitution der Gewebe Sorge getragen wird. — Den ersten Anfang des höher entwickelten thierischen Organismus sehen wir aus einem formlosen Material bestehen. In Folge eines Befruchtungsactes erfolgte in diesem die sog. Dotterklüftung und Zellenbildung in der früher beschriebenen Weise. Es lagerten sich die Zellen, als erste Bausteine des Organismus, in dreifacher Lagerung und verschieden an Größe übereinander; aus ihrer Verschmelzung nach uns bis dahin unbekannten Gesetzen, aus ihrer gleichzeitigen zweifellosen materiellen und formellen Verschiedenheit, deren Grund uns aber ebenfalls noch verborgen ist, gingen die verschiedenen Gewebe des Thierkörpers hervor. Neuere mikroscopische Untersuchungen sich entwickelnder Organismen lassen uns nicht mehr an der Richtigkeit dieser Angaben zweifeln, und unter andern werthvollen Arbeiten weisen uns namentlich diejenigen von Kölliker, Remak, Günsburg u. A. auf dieselbe hin. Eine Muskelfaser entsteht also z. B. durch Verschmelzung mehrer spindelförmiger Zellen, welche aus den Bildungskugeln oder Zellen des Keimes hervorgingen, und indem sich mehre solcher Muskelfasern nebeneinander lagern, entsteht ein Muskelfaserbündel (Fig. 208). Aus den Kernen der Muskelfaserzellen gehen dabei die Muskelfibrillen hervor; in einer frühen Zeit sieht man den Hohlraum der verschmolzenen Zellen noch mit jenen Kernen und einer feinkörnigen Masse erfüllt. Ganz in ähnlicher Weise gehen die Nervenröhren aus der Verschmelzung sehr zarter spindelförmiger Zellen hervor, während die Ganglienzellen ursprünglich einfache rundliche Zellen mit höchstens einer fadenförmigen Verlängerung darstellen. Und nicht anders mit andern Geweben. Sie

alle nehmen von den ersten Zellen des Keimes ihren Ausgang; und

Fig. 208 a. *)



die verschiedenartige Combination oder Stärke der für dieselben in Frage stehenden erregenden Kräfte, so wie die nicht zu bezweifelnde materielle Differenz der einzelnen Zellen scheinen die bedingenden Momente der verschiedenartigen Gewebsbildung selbst zu sein. — Anders jedoch, wenn die ersten Bausteine bereits verwandt und zu Geweben verschmolzen sind. Auch jetzt noch findet eine ständige Zellenvermehrung, und in Folge davon ein ständiges Wachsthum Statt, sei es nun, daß das Material dazu, wie beim bebrüteten Hühnchen, durch die Bestandtheile des Eies, oder, wie beim Säugethier, durch das Blut der Mutter, und später, im gereiften, selbständigen Organismus durch dessen eigenes Blut geliefert wird. Aber diese Zellenvermehrung erfolgt nicht mehr in der frühern Weise; neue und verschiedene Zellenbildungs-

---

*) 1 Die zu einer Muskelprimitivröhre vereinigten Zellen. a a zeigen noch die unversehrten Kerne der Zellen. Bei b ist die Anordnung von Molekülen zur spätern Fibrillenbildung sichtbar. c Accessorisches Plättchen am Ende der Primitivröhren. — 2 Längsovale Faserzellen, zu Primitivröhren verschmolzen, von den Rumpfmuskeln eines zehnwöchentlichen Embryo. — 3 Muskelfasern der Bauchdecken eines fünfwöchentlichen Embryo. (Nach Günsburg: Untersuchungen über die erste Entwicklung verschiedener Gewebe des menschlichen Körpers. 1854.)

arten machen sich geltend, und was auch in dieser Beziehung die mikroscopischen Forschungen der Neuzeit bis dahin ergeben haben, fassen wir kurz in Folgendem zusammen.

Gleich wie im pflanzlichen Organismus, so unterscheiden wir auch im thierischen eine freie Zellenbildung in einem bildungsfähigen Material, und eine Neubildung von Zellen (Tochterzellen) innerhalb älterer sog. Mutterzellen. Im letztern Falle findet die Neubildung der Zellen dann entweder frei im Innern der Mutterzelle Statt, oder sie geht aus Theilungen des Inhalts bei wenigstens zeitweiligem Fortbestande der Hülle der Mutterzelle hervor. Aber es kommt die Zellenbildung im thierischen Organismus auch noch in einer dritten Weise und zwar dadurch zu Stande, daß sich eine Zelle, auf einem gewissen Höhepunkte des Wachsthums angelangt, ähnlich wie wir es bei Betrachtung der Vermehrungsarten niederster Thierformen kennen lernten, der Quere oder Länge nach in Hälften theilt, jede dieser Hälften sich dann aber wieder zur vollkommnen Zelle entwickelt und, mit ihrem Zwilling in Verbindung bleibend, einen Ersatz liefert für untergegangene Zellen, oder das Wachsthum der Gewebe bedingt; und während eben diese Vermehrungsart im Pflanzenreich nur äußerst selten vorkommt, ist sie in den thierischen Organismen scheinbar die weitverbreiteste, so daß das Wachsthum der meisten Gewebe durch ständige Zellentheilung bedingt wird.

Was die freie Zellenbildung in einem bildungsfähigen Materiale betrifft, so hat dieselbe für die Chyluskörperchen (s. S. 245), die Blutkörperchen, die Labzellen der Magen- und Darmdrüsen, vielleicht auch für alle übrigen Drüsenzellen Geltung. Der Vorgang ist dabei ganz derselbe, wie er bei der Pflanzenzelle bereits geschildert wurde. *) Es bilden sich in der Bildungsflüssigkeit Körnchen und Kerne, die die Zellhülle constituirenden Bestandtheile (vorzugsweise wahrscheinlich eiweißartige Verbindungen und Knochenerde) lagern sich um die Kerne ab, und, zur Zellhaut verbunden, heben sie sich von den Kernen selbst bläschenförmig ab. Die freie Bildung von Tochterzellen in Mutterzellen kommt scheinbar selten, vielleicht nur bei niedern Thieren, vor. Von der Zellenbildung durch Theilung des Inhaltes einer Mutterzelle

*) S. Bd. I. S. 235.

liefern dagegen die sog. Dotterklüftungen im befruchteten Säugethierei, und die in einiger Beziehung ähnliche Bildung der Knorpelzellen, die ganz der im Pflanzenreiche am weitesten verbreiteten Zellenvermehrungsart gleicht, Beispiele. Die Theilung der ganzen Zellen endlich ist, wie erwähnt, der häufigste Modus der Zellenvermehrung im thierischen Organismus, und sie erfolgt, wie angedeutet, in ganz ähnlicher Weise, wie die Theilungen niederster, einzelliger Thiere, nur mit dem Unterschiede, daß hier die Theilhälften mit einander verbunden bleiben. Wahrscheinlich geht einer solchen Theilung allemal eine Theilung des Kernes der ursprünglichen Zelle voraus, zwischen beiden Kernen bildet sich im Innern der Zelle der Länge oder Quere nach eine Scheidewand, und zwei Zellen sind damit aus einer hervorgegangen. *) Daß sich dabei aus Muskelzellen nur Muskelzellen, aus Nervenzellen nur Nervenzellen u. s. w. entwickeln, darf uns nicht Wunder nehmen. Zwischen jedem einzelnen Gewebe, ja zwischen jeder einzelnen Zelle und dem das Material zur Neubildung liefernden Blute walten von Anfang an bestimmte Beziehungen, welche den Gewinn einer in jedem Falle besonders constituirten Bildungsflüssigkeit sichern, ob; ja wir sind zu der Annahme gezwungen, daß auch die den einzelnen Geweben und deren elementaren Formbestandtheilen inhärenten Kräfte von verschiedenartiger Stärke oder verschiedenartig combinirt sind, und daß diese Kraftverhältnisse die Entwicklung eines jeden Gewebes regeln, in bestimmte Wege hineinzwingen. Was die erste und uranfängliche Verschiedenheit der Zellen bedingt,

---

*) In neuerer Zeit beginnt man die bisher festgehaltenen Unterschiede zwischen der Pflanzenzelle und der thierischen Zelle aufzugeben. Man sieht den stickstoffhaltigen sog. Primordialschlauch der Pflanzenzelle als die eigentliche Hülle derselben an und betrachtet die stickstofffreie Cellulose nur wie einen Niederschlag auf derselben. Die stickstoffhaltige Hülle der thierischen Zelle soll dann dem Primordialschlauch der Pflanze verglichen werden, und Bindegewebs- oder elastische Substanzen, die der thierischen Zellhülle innig verbunden sind und selbst vielleicht das Bindungsmittel zwischen vielen Zellen abgeben, der Cellulose. — Wir beschränken uns hier jedoch auf diese Andeutung, da, wie das ganze Gebiet der Zellenformationslehre noch durchaus nicht abgeschlossen ist, so auch insonderheit die vorliegende Frage noch fern von ihrer Erledigung ist.

was deren ersten Aufbau zum Organismus leitet, ist uns bis dahin verborgen, wenn auch in neuerer Zeit und vielleicht nicht mit Unrecht (von Baumgärtner)*) gerade in letzterer Beziehung wieder vorzugsweise die electrischen Kräfte in Anspruch genommen werden. Sind diese ersten Formbestandtheile aber einmal gegeben, so liegt die Erklärung der gleichartigen Fortentwicklung derselben nicht außerhalb des Gebietes der Möglichkeit, und man bedarf scheinbar auch hier keines besondern formbildenden Principes, keiner in den Organismen waltenden Lebenskraft, um diese Erklärung zu liefern. Es verhält sich in diesem Falle die einzelne junge Zelle zu der älteren in durchaus ähnlicher Weise, wie der gesammte neu entstehende thierische oder pflanzliche Organismus zu dem mütterlichen. Wie wir die von Generation zu Generation forterbende typische Verschiedenheit der Thier- und Pflanzenarten in einem frühern Vortrage auf zarteste und unsern Untersuchungsmitteln nur selten zugängliche Differenzen des Bildungsmateriales, so wie auf Differenzen der die Entwicklung desselben bedingenden „Erregung,“ sei es nun, daß dieselbe durch einen Befruchtungsact oder, wie bei niedern Pflanzen- und Thierformen, durch einen gewissen Grad der gesammten Entwicklung des mütterlichen Organismus herbeigeführt wird, zurückführten, also scheint auch die typische Verschiedenheit der einzelnen Zellen und Gewebe und die im gesunden Zustande analoge Fortentwicklung, d. i. das Wachsthum der einzelnen Zellencomplexe nur durch eine materielle Differenz des in den einzelnen Zellen enthaltenen und von dem Blute aus bezogenen Bildungsmateriales und nicht minder durch eine Differenz der an jeder einzelnen Zelle zur Geltung kommenden Kräfte aufrecht erhalten zu werden. Daß es sich dabei, abgesehen von den oben (S. 280) erwähnten physikalischen Verhältnissen der Zellenwände, des Blutdruckes u. s. w., vorzugsweise um electrische Kräfte handelt, scheint wahrscheinlich. Keineswegs darf man sich aber vorstellen, daß dieselben überall von einem besondern Apparate, und im höher entwickelten Thiere von einem Nervensystem ausgehen

---

*) Prof. H. Baumgärtner: Nähere Begründung von der Embryonalanlage durch Keimspaltungen und den Polarisationen der organischen Körper. Stuttgart 1854.

und gewissermaaßen in die Zellen hineingeleitet, auf sie übertragen werden. Eine jede Zelle hat vielmehr nach unserer Vorstellung von Anbeginn an ihr eigenes Leben, ihre besondere Combination von Stoffen und Kräften, und insonderheit, ähnlich den von du Bois Reymond supponirten Molekeln der Nervenfaser (s. S. 93), ihr besonderes electrisches Verhalten, und wie dieses für die pflanzlichen und niedern thierischen Organismen das vielbesprochene formbildende Princip möglicherweise sein kann und ist, so hat es vielleicht auch in den höher entwickelten thierischen Organismen die gleiche Bedeutung, nur mit dem Unterschiede, daß hier die einzelnen Zellencomplexe und „Lebenseinheiten," — um Virchow's treffenden Ausdruck zu gebrauchen —, durch ein besonderes System, und zwar das Nervensystem mit seinen electrischen Kräften, in Verbindung und gegenseitige Abhängigkeit gebracht, gewissermaaßen regulirt werden. Es ist, wenn wir unsere Vorstellung einmal festhalten und weiter verfolgen, kaum zweifelhaft, daß jenes electrische Verhalten, sei es nun, welches es wolle, zu einer Zeit der Entwicklung zum ersten Male hervorgerufen ist, und vielleicht nicht unpassend haben wir in einem frühern Vortrage *) den Moment der Lichtwerdung als in diese Zeit fallend und als das bedingende Moment jenes Verhaltens angesprochen. Von jenem Zeitpunkt an pflanzte sich dasselbe aber von Generation zu Generation, ja von Zelle zu Zelle wieder als dasjenige fort, was man bis dahin scheinbar in ungerechtfertigter Weise als besondere, specifische Lebenskraft bezeichnete, oder wurde in Folge eines Befruchtungsactes jedesmal in der zur Bildung eines neuen Organismus bestimmten Keimzelle in bestimmter zweckentsprechender Weise erregt. Die electrischen Kräfte des Nervensystems in den höher entwickelten thierischen Organismen dürfen demnach nicht überschätzt werden. Auch sie müssen zunächst als in den den Aufbau des Nervensystems bedingenden Zellen des Keimes schon gegeben betrachtet werden. Daß das Nervensystem dann aber, einmal vorhanden, einen regulatorischen Einfluß auf die Ernährungs- und Entwicklungsvorgänge der einzelnen, mit eigenen Kräften ausgestatteten Zellencomplexe aus-

*) Bd. 1. S. 175 und 183.

übt, dürfte nach unsern gesammten physiologischen und pathologischen Erfahrungen nicht zweifelhaft sein. *)

Zum Schluß endlich noch ein Wort über die bei der Zellenbildung der thierischen Organismen in Frage stehenden stofflichen Verhältnisse. Wir können in dieser Beziehung nur auf dasjenige verweisen, was wir in frühern Vorträgen über die materielle Zusammensetzung der einzelnen Organe des Thierkörpers, die uns in vielen Fällen freilich nur noch in sehr dürftiger Weise bekannt ist, beigebracht haben. Die dort bezeichneten chemischen Bestandtheile der verschiedenen Gewebe sind, je nachdem, in minimo für jede Zelle erforderlich, welche ein integrirender Formbestandtheil dieses oder jenes Gewebes zu werden bestimmt ist, und mit der oben angedeuteten gesetzlichen Nothwendigkeit treten jedesmal die betreffenden Bestandtheile aus dem Blute in die Gewebe über, um dort gleichsam fixirt, um theilweise metamorphosirt, und, falls sie in unvermeidlicher Gemeinschaft mit andern, nicht erforderlichen Bestandtheilen übertreten, von diesen geschieden zu werden, der Art, daß sie der Zelle verbleiben, die letztern aber in das Blut zurückkehren. Daß die Zellen in der That selbst eine metamorphosirende chemische Einwirkung auf das zur Neubildung bestimmte zugeführte Material ausüben, daß sie dasselbe nur zum Theil fertig gebildet vom Blute zugeführt erhalten, sei hier nochmals als äußerst wahrscheinlich hervorgehoben. Die Muskelzellen oder Muskelfasern werden demnach vorzugsweise die eiweißartigen Bestandtheile des Blutes und neben diesen eine gewisse Menge unorganischer Verbindungen, insonderheit phosphorsaures Kali und Wasser, fixiren. Wasser, phosphorsaures Kali und Syntonin, einen dem Eiweiß jedenfalls sehr nahe verwandten Stoff, haben wir früher (S. 170) als Hauptbestandtheile des Muskels bezeichnet. — Die Ner-

---

*) Die hier niedergelegten Ansichten stehen im Allgemeinen mit den von Virchow entwickelten, deren Kritik hier zu weit führen würde, im Einklang. Seine trefflichen Aufsätze: „Der Mensch," in dem 1sten Bande der „Gesammelten Abhandlungen;" „die Cellular-Pathologie" in dem Archiv für klinische Medicin von Virchow Bd. VIII. S. 1 u. a. enthalten die weitere Ausführung derselben. Für die tiefere Prüfung der Lebenserscheinungen der Organismen empfehlen wir diese Aufsätze zum sorgfältigen Studium. —

venfasern und Nervenzellen werden vorzugsweise neben dem Eiweiß des Blutes gewisse „Fette" und ebenfalls gewisse unorganische Bestandtheile, insonderheit wieder Wasser und Salze, fixiren, und aus der früher angegegebenen Zusammensetzung der Nervensubstanz (s. S. 87) wird erhellen, welches diese „Fette" und unorganischen Bestandtheile sind. Es wäre überaus interessant, wenn die Vermuthung Schloßberger's zur Gewißheit erhoben würde, daß die in der Zusammensetzung des Nervensystems eine so hervorragende Rolle spielenden sog. Fette (Cerebrinsäure, Cholestearin, Oleophosphorsäure u. s. w.) von der Leber aus, d. h. also in der Form von Gallenbestandtheilen zugeführt werden, *) und sollte es sich ferner bestätigen, daß die Galle ihr Hauptbildungsmaterial in den Blutkörperchen finde, so würden wir also in diesen die eigentliche Bildungsquelle der Nervensubstanz zu suchen haben. Der Erklärung der mannigfachen bekannten Beziehungen zwischen gestörter Blutkörperbildung, gestörter Leberfunction und gestörtem Nervenleben würde in dieser Weise ein bedeutungsvoller Anhalt geboten. Doch beschränken wir uns vorläufig auf diese Andeutung. — Die Knochen und Knochenzellen ferner fixiren neben eiweißartigen Verbindungen, aus denen die leimgebende Substanz hervorgeht, vorzugsweise den Kalkgehalt des Blutes, und nur zu nahe liegt der Schluß, daß wenn es diesem an phosphorsaurem Kalke fehlt, die Knochen sich eben nicht normal entwickeln können, schwere Krankheiten vielmehr in diesem Umstande ihr veranlassendes Moment finden müssen. — Und so verhält es sich mit allen Geweben des thierischen Organismus; verschieden ist überall die Eigenschaft der verschiedenen Zellen, diese oder jene Bestandtheile des Blutes zu fixiren, verschieden sind die Metamorphosen, welche die fixirten Stoffe in diesen und jenen Geweben, d. h. bereits vorhandenen Zellen erfahren. Aber, wie anfänglich in formeller Beziehung, so scheinen auch in materieller Beziehung in einer Hinsicht alle Zellen übereinzustimmen. Damit sich Zellenkerne und Zellenmembran bilden, scheinen überall drei Verbindungen: Eiweiß, Fett und phosphorsaurer Kalk, die unumgänglich erforderlichen Requisite zu sein. Fehlen sie, und wenn auch nur

*) Vgl. S. 87 Anmerkung.

zum Theil, so bildet sich überhaupt keine Zelle, und es ist damit dem Aufbau der Gewebe selbst sowohl, als weiterhin auch den für die Existenz des gesammten Organismus, wie für die Integrität der Blutmischung erforderlichen Wechselbeziehungen zwischen Blut und Geweben der härteste Schlag versetzt. Es würde in diesem Falle das Blut z. B. alle Materialien zur Fettbildung enthalten können und dennoch würde das Thier kein Fett anbilden, weil es eben an den Zellen, in welchen sich das Fett ablagert, fehlt; es würde in einem andern Beispiele das Blut alle sog. Nervenfette enthalten können, und dennoch würden sich keine Nervenzellen entwickeln, weil es an der Hülle fehlt, welche jene aufnehmen und beherbergen soll. Damit eben erlangen diese Bestandtheile der Nahrungsmittel eine so insonderheit hohe Bedeutung für den Ernährungsproceß, und es bedarf dieselbe in der That eine weit größere Berücksichtigung, als ihr bisher zu Theil geworden ist. Bereits in unserm fünften Vortrage wurde auf diese Verhältnisse hingewiesen; es wurde insonderheit darauf aufmerksam gemacht, welchen beträchtlichen Schwankungen und allmähligen Abnahmen der Gehalt der fruchttragenden Erdoberfläche an phosphorsaurem Kalk unterliegen könne und müsse, falls die Landwirthe nicht für eine richtige Düngung, einen genügenden Ersatz der in einer Erndte dem Boden entzogenen Bestandtheile sorgen. Jetzt erkennen wir die weittragende Bedeutung eines nach wissenschaftlichen Principien betriebenen Landbau's. Denn fehlt es dem Boden an phosphorsaurem Kalk, so fehlt es auch den Früchten desselben und also der Nahrung des Thieres daran, und leidet diese und weiterhin also das Blut des Thieres einen Mangel an Knochenerde, so bleiben nicht etwa nur die Knochen desselben in der Entwicklung zurück, es wird vielmehr auch die Zellen- oder Gewebsbildung im Allgemeinen beeinträchtigt, und was das Thier damit an Leistungsfähigkeit in weitester Bedeutung des Wortes einbüßen muß, ist nach unsern bisherigen Deductionen nur zu verständlich.

Damit haben wir denn den Bildungsstoff des thierischen Organismus auf seinen Wegen durch denselben bis so weit verfolgt, als es Aufgabe der vorliegenden Betrachtung sein sollte. Wie manche seiner vielfachen Schicksale unserer tiefern Einsicht und Deutung noch unzugänglich sind, haben wir genugsam hervorgehoben. Die räthselhaften

Beziehungen zwischen dem formlosen Bildungsmaterial und den verschiedenartigen Geweben, die die Bildungsvorgänge und Stoffmetamorphosen in den Organismen beherrschenden Kräfte vermögen wir bis dahin nur ahnend zu bezeichnen, und eine unüberschrittene Grenze ist hier zur Zeit noch den physiologischen Betrachtungen gezogen. Aber ein Blick auf die vielseitigen Fortschritte, welche auch auf diesem Gebiete der Forschung in neuester Zeit errungen sind, darf uns dennoch zur aufrichtigen Freude stimmen. Das Verständniß des verborgenen Getriebes des thierischen Organismus dringt weiter und weiter vor; es mehrt sich die Anzahl festbegründeter Thatsachen von Tage zu Tage; und wenn es uns schon lockte, die mannigfachen einzelnen Bruchstücke der thatsächlichen Erkenntniß zu einem Gesammtbilde zusammenzufügen, den Zusammenhang und die Gliederfolge der ganzen Kette von Erscheinungen zu bezeichnen, welche zwischen der Herstellung eines bildungsfähigen Nahrungssaftes im Darmcanal und der Bildung der organischen, elementaren Formbestandtheile, der Zellen und der aus ihnen hervorgehenden Gewebe liegt, so haben wir dabei nicht etwa die Lücken und das mannigfach Unsichere einer solchen Darstellung verkannt, wohl aber die Hoffnung gehegt, daß die Zeit nicht fern sei, in welcher diese Lücken ausgefüllt werden, ohne daß doch der gegebene Grundriß des Ganzen wieder verloren gehe. Es ist eine solche Darstellung um so schwieriger, als wir vergebens nach einem Ruhepunkte in dem weiten Gebiete der flüchtigen und variabeln Lebenserscheinungen suchen. Ursachen sind Wirkungen und Wirkungen werden zu Ursachen; das Blut unterhält die Lebenserscheinungen in Nerv und Muskel, und Nerv und Muskel bedingen die Lebenserscheinungen des Blutes. Doch was klar ist, muß sich auch klar darstellen lassen, und haben wir es möglichst gemieden, Lücken des Wissens mit Hypothesen auszufüllen, haben wir überall den etwaigen Mangel festbegründeter Thatsachen wenigstens angedeutet und wo es sich um Vermuthungen handelte, diese auch nur als solche bezeichnet, so ist auch die Hoffnung nicht unbegründet, daß die gegebene Skizze des so reichhaltigen Bezirkes der Lebenserscheinungen, welche in dem vorliegenden Vortrage in Frage kamen, klar verstanden ist, und die Gränze unseres heutigen Wissens richtig erkannt wurde. —

Vierzehnter Vortrag.

Der Bau und die Verrichtungen der Ausscheidungsapparate nebst allgemeinen Betrachtungen über den Zerfall der Gewebe und Säfte des Thierkörpers.

(Mehre der in diesem Bande enthaltenen Vorträge wurden, wie auch der nachstehende, abgekürzt oder auch in einzelne Abschnitte zerlegt, gehalten. Der 11 Vortrag ist neu hinzugefügt. Die Anordnung des Materiales hat mannigfache Abänderungen erfahren, die dem Verf. für die schriftliche Darstellung wünschenswerth erschienen.)

Vierzehnter Vortrag.

Der Bau und die Vorrichtungen der Aufschließungsapparate nebst allgemeinen Betrachtungen über den Zerfall der Schwefel- und Säure des Chilisalpeters.

[illegible]

Wir gelangen zum dritten Abschnitte des Bildes, welches uns die vegetativen Lebensvorgänge des Thieres zeichnen soll. Die Darstellung des Zerfalls der aus den Nahrungsstoffen hervorgegangenen Säfte und Gewebe in gewisse einfache, chemische Verbindungen bildet neben dem Nachweis, wie diese Verbindungen aus dem Organismus entfernt werden, seine Aufgabe.

Es wurde oben vorangestellt, daß jeder thierische Organismus aus einem doppelten Grunde der Nahrungs*aufnahme* bedürfe: einmal, um seiner Aufgabe als Werkglied des uns umgebenden Naturganzen zu genügen, andrerseits, um dauernd zu seinen individuellen Leistungen befähigt zu bleiben. Nicht anders verhält es sich mit den Acten des physiologischen Geschehens, welche den Gegenstand der vorliegenden Betrachtung bilden sollen. Auch für den *Zerfall* der aufgenommenen Nahrungsstoffe sowohl, als für die Ausscheidung der Produkte dieses Zerfalls aus dem Thierkörper, liegt eine doppelte physiologische Nothwendigkeit vor. Nur erst mit der Zurückgabe der in einfachere Verbindungen zerlegten Nahrungsstoffe an die Außenwelt vollendet das Thier die ihm als Werkglied des Naturganzen zu Theil gewordene Aufgabe, und nur dadurch wird es leistungsfähig erhalten, daß die im Getriebe des Lebens abgenutzten und leistungsunfähig gewordenen Bestandtheile durch neue ersetzt, jene selbst aber fortgeschafft werden, um eben der Neubildung Platz zu machen. — Es führt uns die Kenntniß dieser Verhältnisse unmittelbar zu der Anschauung hin, daß ein jeder thierische Organismus, ein jedes Mitglied des weiten Naturstaates, sein

bestimmtes Budget, seine bestimmten Einnahmen und Ausgaben aufzuweisen haben muß. Und in der That ist dem so. Es zahlt die Natur jedem Organismus, als ihrem Diener, einen angemessenen Gehalt in der Form von Nahrungsstoffen. Seine Existenz und seine Leistungsfähigkeit sind damit sicher gestellt. Um dieselben aber ungestört zu erhalten, und ferner seine allgemeine Lebensaufgabe zu erfüllen, ist das Thier gleichzeitig zu ständigen Ausgaben genöthigt, und diese fließen auf den verschiedensten Wegen und in der Form verschiedener chemischer Verbindungen schließlich immer wieder in die große Schatzkammer zurück, um von dort aus zunächst wieder neu verwandt und sodann abermals in der Form von Nahrungsstoff ausgezahlt zu werden. Ein jeder vollständig entwickelte Organismus soll dabei aus der vollen und freigebigen Hand der Natur ein seinen nur irgend möglichen allgemeinen sowohl, als speciellen Leistungen durchaus entsprechendes Quantum von Nahrungsstoffen, und zwar praenumerando, beziehen, nicht mehr und nicht weniger, immer aber genug, um die einmal gegebene Arbeitskraft vollauf zu beschäftigen und alle nothwendigen Ausgaben vollständig zu decken. Die Natur will keinem Organismus etwas schuldig bleiben, von keinem etwas geschenkt haben. Dafür aber verlangt sie auch, daß keiner mit ihren Gaben geizt, oder verschwenderisch umgeht, keiner mehr fordert oder weniger nimmt, als er bedarf, und stehen die Ausgaben mit den Einnahmen nicht vollständig in der Balance, so verräth sie ihren Unwillen nur zu deutlich anfangs durch leichtere, dann durch schwerere und endlich durch schwerste Strafen, als welche wir das Gefühl des Unbehagens, und, in steigender Progression, die Krankheit, die Leistungsunfähigkeit und endlich den Tod kennen.

Was sich nun der Organismus, Dank jenen seinen Einnahmen, schafft, wie sich die Gewebe aus den Nahrungsstoffen und dem aus ihnen bereiteten Nahrungssafte aufbauen und ständig regeneriren, haben wir in den vorstehenden Betrachtungen anzudeuten versucht. Fügen wir noch hinzu, daß keineswegs alle Nahrungsstoffe bei diesem Aufbau direct betheiligt sind, ein großer Theil derselben vielmehr nur eine gewisse Reihe von Metamorphosen im thierischen Organismus durchläuft, ohne jemals integrirender Bestandtheil der Gewebe zu werden. Es sollen, wie es scheint, diese Stoffe dem in den Athmungsorganen aufge-

nommenen und aller organischen Materie feindlichen Sauerstoff der Atmosphäre als erste Angriffsobjecte dargeboten werden, den Geweben des Organismus und ihren Leistungen damit einen gewissen und zeitweiligen Schutz gewähren, gleichzeitig aber auch in Folge ihrer Verbindung mit dem Sauerstoff, ihrer Oxydation, ihrer Verbrennung, eine Hauptquelle der thierischen Wärme bilden. Den Nahrungsstoffen im engern Sinne des Wortes, den sog. Gewebebildnern gegenüber wollen wir diese Stoffe mit Liebig als „Respirationsmittel" bezeichnen. — Wir wenden uns jetzt der Betrachtung der Ausgaben zu, wollen untersuchen, wie und wo die Einnahmen zu Ausgaben werden, in welcher Form ferner und wo die letztern erlegt werden, denn einerlei, ob sich die Nahrungsstoffe an dem Aufbau der Gewebe betheiligen oder nicht, der Zerfall und die Ausscheidung aus dem Organismus steht ihnen allen bevor, und nur in andern Münzsorten zahlt der Organismus an die Schatzkammer zurück, was er, an Nennwerth nicht verschieden, aus ihr empfing. — Orientiren wir uns zu diesem Zwecke erst im Allgemeinen.

Athmungsorgane, Haut, Nieren und Darmcanal sind im höher entwickelten thierischen Organismus, — und diesen ziehen wir vorläufig wieder nur in Betracht —, diejenigen Organe, in welchen die zur Ausscheidung vorbereiteten und bestimmten Stoffe ihren Ausweg finden. Je nachdem die Nahrungsstoffe aber zur Gewebsbildung verwandt wurden, oder nicht, gelangen sie auf verschiedenen, dort längeren, hier kürzeren Wegen zu diesen Organen hin, und diese Wege sind folgende:

Die nicht zur Gewebsbildung bestimmten Stoffe werden vom Darmcanal aus größtentheils in das Blutgefäßsystem, und zwar zunächst in die Pfortader, *) aufgenommen, gehen mit dem Pfortaderblut durch die Leber, kehren in der Lebervene aus dieser zurück, treten mit dem Lebervenenblut in die untere Hohlvene ein, durchströmen das rechte Herz und dringen endlich in die Capillargefäße der Athmungsorgane vor, um möglicher Weise schon hier in der Form von Wasser und Kohlensäure ausgeschieden zu werden. Doch sie sind nach so kurzer Zeit

---

*) Vgl. in Betreff dieser Aufnahme und aufzunehmenden Stoffe S. 238.

ihres Verweilens im Organismus vielleicht noch nicht zur Ausscheidung vorbereitet, sind noch nicht in diejenigen Verbindungen zerlegt, welchen allein der Ausweg gestattet ist, und ist dem so, sie müssen im Blut noch verweilen, und weiter führt sie ihre Bahn. — Aus den Athmungsorganen kehren sie zum Herzen zurück, durchströmen das linke Herz und die Aorta, nehmen vielleicht noch einen Umweg durch Kopfarterien, obere Hohlvene, rechtes Herz und Athmungsorgane, wieder zum linken Herzen und zur Aorta zurück, — ein Umweg, von dem uns die Wirkung der Spirituosa nur zu leicht deutliche Kunde giebt —, gelangen dann aber zum Darmcanal und zu den Nieren, um vielleicht hier jetzt, zum Theil wenigstens, ihren Ausweg zu finden. Doch wieder ist die Frage: Sind sie schon vorbereitet genug zur Ausscheidung? Haben sie nach noch nicht einmaliger Vollendung der Kreisbahn schon ihre Functionen erfüllt? Es ist möglich; wo aber nicht, — sie gehen wieder weiter. — Sie kehren vom Darmcanal oder aus den Nieren, ja aus allen Körpertheilen, zu denen sie hingelangten, mit dem venösen Blute zum Herzen zurück, und haben sie bisher nirgends ihre Ausweisung erfahren, sie erfahren dieselbe vielleicht auf diesem Wege. Sie müssen die äußere Haut passiren, die Oberfläche des Körpers, und wie in Athmungsorganen, Nieren und Darmcanal, so ist ihnen auch hier möglicherweise ein Ausweg geboten. — So kreisen sie. Und sei es nun, daß sie den Umlauf zum ersten, zum zweiten, zum zehnten oder zum hundertsten Male zurücklegen, immer melden sie sich in den bezeichneten Organen, die wir nicht unpassend als Blutschleusen bezeichnen können, von Neuem. Sind sie zum Austritt aus dem Blute vorbereitet und ist der Andrang nicht zu massenhaft, so werden sie durchgelassen, wo nicht, so müssen sie die Bahn immer wieder von Neuem durchlaufen, bis endlich auch ihre Stunde schlägt, und die betreffenden Organe ihrem Verlangen nachgeben. — Anders mit dem Wege der gewebebildenden Stoffe. Wir haben dieselben bereits im vorstehenden Vortrage vom Darmcanal aus, durch Chylus, Milchbrustgang und Blut hindurch, bis in die Gewebe selbst hinein verfolgt. Hier wurden sie zur Gewebsbildung oder zur Restitution abgenutzter Bestandtheile derselben verwandt. Aber auch ihre Metamorphose, ihr Zerfall bleibt nicht aus, und, kaum zerlegt, treten sie wieder aus den Geweben in die Capillargefäße, und also

in das venöse Blut zurück, um dann mit den eben erwähnten Stoffen dieselben Bahnen zu laufen und ebenfalls in Lungen, Haut, Nieren oder Darmcanal den für sie bestimmten Ausweg zu fordern und zu finden. — Nach der gewonnenen Kenntniß vom Kreislauf des Blutes wird das Verständniß dieser Bahnen nicht schwierig sein. Es ist das Blut überall die den Stoffwechsel, die Neubildung und Rückbildung, die Aufnahme und Abscheidung der Nahrungsstoffe vermittelnde Flüssigkeit, und wie es zu den Geweben einmal im Verhältniß des dieselben ernährenden Saftes steht, so hat es andrerseits für die Gewebe die Bedeutung eines Abzugscanales für abgenutzte Bestandtheile, welcher, mit verschiedenen Auswegen versehen, aus jedem derselben, also aus Lungen, Haut, Darmcanal und Nieren, verschiedenen und bestimmten Stoffen den Austritt gestattet. *)

---

*) Wir dürfen es hier nicht unerwähnt lassen, daß es bei allen Wirbelthieren für den Rücktritt der die Gewebe durchtränkenden Flüssigkeiten in das Blut in eben der Weise noch einen zweiten Weg giebt, wie bei denselben zwei Wege für den Eintritt des Nahrungssaftes vom Darmcanal aus in das Blut hinein existiren (s. S. 235). Es bilden diesen Weg die bisher noch nicht erwähnten, den Organismus der Wirbelthiere durchziehenden Lymphgefäße, welche durchaus den Chylus- oder Lymphgefäßen des Gekröses, die wir oben (S. 243) kennen lernten, gleichen. Es beginnen dieselben in fast allen Organen des Thierkörpers als zarte, allmählig zu größeren Stämmen zusammentretende Canälchen, laufen gegen die Unterleibs- und Brusthöhle hin, und ergießen hier ihren Inhalt in die größeren Venenstämme, oder in die aus dem Gekröse hervortretenden Lymphgefäßstämme. Auch sie durchsetzen auf ihrem Wege, namentlich bei den Säugethieren, sog. Lymphdrüsen, welche überall in Körper zerstreut sind, sich vorzugsweise am Halse, in der Achsel, den Schenkelbugen u. s. w. befinden, und zu den Lymphgefäßen und deren Inhalt in ganz gleicher Beziehung stehen, wie die Lymphdrüsen des Gekröses zu den Lymphgefäßen dieses (vgl. S. 242). — Es leidet kaum einen Zweifel, daß diese Lymphgefäße insonderheit dazu bestimmt sind, die zum Aufbau der Gewebe nicht verwandten Bestandtheile der dieselben durchtränkenden Ernährungsflüssigkeit, — ob unverändert oder bereits metamorphosirt, steht dahin —, aufzunehmen, und dieselben abermals in den Kreislauf des Blutes zurückzuführen. Auch scheint es gewiß, daß die in ihnen enthaltene sog. „Lymphe“ auf ihrem Wege bis zum Blute, gewisse Metamorphosen erleidet, daß namentlich in ihr ein Zellenbildungsproceß

Welches sind aber die auszuscheidenden Stoffe? In welchen Formen verlassen die hundertfach verschiedenen Nahrungsstoffe den thierischen Organismus? Wir haben dieselben in einem frühern Vortrage schon flüchtig kennen gelernt und dort erfahren, daß die Formverschiedenheit der auszuscheidenden Substanzen eben so gering ist, als die Mannigfaltigkeit der aufzunehmenden Nahrungsstoffe groß. Wasser und Kohlensäure, Harnstoff und Harnsäure, eine geringe Menge von Galle und eine Reihe von unorganischen Verbindungen sind die wesentlichen endlichen Produkte aller Metamorphosen der Nahrungsstoffe des höher entwickelten thierischen Organismus, und verlassen ihn Wasser und Kohlensäure durch Haut und Athmungsorgane, so werden Harnstoff, Harnsäure, gewisse unorganische Verbindungen und ebenfalls Wasser in den Nieren, und Galle, ebenfalls gewisse unorganische Verbindungen und die unverdaulichen Reste der Nahrungsstoffe nebst einigem Wasser durch den Darmcanal ausgeschieden. — Und wie und wodurch wird der Zerfall der Gewebsbestandtheile oder gewisser Blutbestandtheile herbeigeführt? Welches sind die Ursachen des ständigen Unterganges kaum geschaffener Formbestandtheile oder chemischer Verbindungen? Es muß Wunder nehmen zu erfahren, daß derselbe Stoff, der so wesentlich bei der Bildung der rothen Blutkörperchen und also bei der Herstellung der aus ihnen hervorgehenden, noch weiter im Organismus zu verwendenden Substanzen betheiligt ist, derselbe Stoff, der einen so wesentlichen Bestandtheil des nährenden, arteriellen Blutes bildet und ständig seinen belebenden Einfluß auf die Functionen des

in ähnlicher Weise erfolgt, wie in dem Inhalt der Lymphgefäße des Gekröses und daß für das Zustandekommen dieser Zellenbildung auch hier die Lymphdrüsen eine hohe Bedeutung besitzen. Die Bestandtheile der dem Chylus (S. 245) ähnlichen, faserstoffhaltigen Lymphe sind jedoch bis dahin eben so wenig mit vollkommner Bestimmtheit ermittelt, als die Bedingungen, welche den Eintritt derselben aus den Geweben in die Chylusgefäße zur Folge haben. Es gilt hier dasselbe, was S. 239 über den Eintritt der Nahrungsstoffe aus dem Darmcanal in die Darmzotten und deren Chylusgefäße, was ferner über den Eintritt gewisser Blutbestandtheile in die einzelnen Gewebe, und umgekehrt gewisser Bestandtheile der Gewebsflüssigkeiten in das Blutgefäßsystem gesagt wurde. —

Organismus ausübt, auch die wesentliche Ursache alles Zerfalls der organischen Materie ist, und doch wissen wir mit Bestimmtheit, daß die Mehrzahl der hier in Frage stehenden Vorgänge als Oxydationsvorgänge oder Verbrennungsprocesse zu bezeichnen sind. Wir wollen es freilich von vorn herein hervorheben, daß diese Wirkungen des Sauerstoffs nicht zu Stande kommen würden, falls ihnen nicht durch gleichzeitige und ständige Fermentationsvorgänge, durch Stoffzersetzungen durch electrische Kraft, — falls diese Annahme schon erlaubt ist —, und durch gewisse unorganische Verbindungen (s. u.) Vorschub geleistet würde. Aber dennoch, es spielt der Sauerstoff als bedingendes Moment des Zerfalls der Gewebe und Säfte des Thierkörpers eine so hervorragende Rolle, daß die für den gleichen Zerfall in Frage kommenden eben genannten Momente, einschließlich der etwaigen mechanischen Friction, fast in den Hintergrund zu treten scheinen. Aufgenommen in den Athmungsorganen und mit dem arteriellen Blute in alle Theile des Organismus hinein verbreitet, übt der Sauerstoff auch überall, im Blute sowohl, als außerhalb desselben sein Zerstörungswerk aus, und welche Produkte schließlich aus seiner Verbindung mit diesen und jenen Gewebs- und Blutbestandtheilen hervorgehen, wurde so eben schon angedeutet. So giebt denn der thierische Organismus der Luft und Erde das zurück, was die Pflanze bei ihnen sucht, fordert und stets auch findet, — denn Harnstoff und Harnsäure verwandeln sich rasch, nachdem sie den Organismus verlassen haben, zu Kohlensäure und Ammoniak —; die Pflanze liefert dafür aber der Luft den Sauerstoff zurück, und in ihren eignen Bildungsvorgängen schafft sie damit, wunderbar genug, das Mittel, welches ihr, zerstörend auf alle organische Materie wirkend, den eignen Nahrungsbedarf sichert. —

Diese allgemeine Skizze wollen wir nun im Folgenden, so weit es hier zulässig, auszuführen versuchen, und, getreu unserm Vorsatz, den Nahrungsstoffen auf ihren Wegen durch den thierischen Organismus zu folgen, knüpfen wir da wieder an, wo wir sie im vorstehenden Vortrage verließen. Wir sahen sie dort auf dem Punkte angelangt, wo sie zu Drüsensäften umgestaltet wurden, wo sich die Formbestandtheile des Organismus aus ihnen hervorgebildet hatten oder sie die bereits vorhandenen Gewebe als Ernährungsflüssigkeit tränkten, wo sie endlich

als „Respirationsmittel" noch im Blute kreisten. — Was wird also zunächst aus Drüsensäften, Geweben und Gewebsflüssigkeiten, und jenen zum Aufbau der Körpersubstanz nicht verwandten Blutbestandtheilen?

Es gehören diese Fragen noch immer jenem Gebiete der Lebenserscheinungen an, welches wir oben als eins der unaufgeklärtesten bezeichneten. Es handelt sich mit ihnen noch immer um die Mittelglieder jener langen Reihe von Metamorphosen, welche ein jeder Stoff auf seinem Wege durch den thierischen Organismus durchläuft, und eben in der Kenntniß dieser mittleren Glieder sind, wie erwähnt, auch noch immer die fühlbarsten Lücken vorhanden, Lücken, welche um so schwieriger auszufüllen sind, als die immer nur momentane Existenz der fraglichen Stoffe oder Verbindungeu der Untersuchung in hohem Grade hindernd entgegentritt. Nicht mehr als Andeutungen vermögen wir deshalb auch zur Zeit in Betreff derselben zu geben. Versuchen wir es aber dennoch, uns eine allgemeine Vorstellung von dem Zusammenhange des Geschehens zu bilden, und sehen wir, wie weit dieselbe bereits durch Thatsachen gestützt wird. —

Was zunächst die Drüsensäfte anbetrifft, so wissen wir kaum mehr von ihnen, als daß ihr Wassergehalt und ihre unorganischen Bestandtheile, sobald sie ihre Functionen in dem Verdauungsacte erfüllt haben, mit den Nahrungsstoffen selbst in das Blut zurückkehren. So mit dem Speichel, so mit dem Magensaft, dem Bauchspeichel, der Galle, dem Darmsaft. Wir nannten diese Säfte früher „hohe Zölle," welche das Blut an verschiedenen Stationen zu entrichten hat, und machten zugleich darauf aufmerksam, daß dieselben allemal alsbald in die Generalkasse, das Blut, zurückfließen. Nach der früheren Schilderung der Verdauungsacte, des Aufsaugungsactes im Darmcanal u. s. w. wird dieser Ausspruch jetzt leicht verständlich sein. Auch darüber kann kaum ein Zweifel obwalten, daß das Wasser und die unorganischen Bestandtheile der Drüsensäfte nach ihrer Rückkehr ins Blut entweder sofort durch die Ausscheidungsorgane aus dem Organismus entfernt werden, oder sich zuvor noch an dem Aufbau der Gewebe, vielleicht auch nochmals an der Drüsensaftbereitung betheiligen, so daß sie erst nach mehrmaligen Umläufen den Organismus verlassen. Und daß sich endlich

das in Frage stehende Wasser, ausgeschieden, in Lungen- und Haut-Ausdünstung oder im Harn, die fraglichen unorganischen Bestandtheile dagegen, wie das Kochsalz, das phosphorsaure Natron, das Chlorkalium u. s. w. im Harn, zum Theil aber auch in den Darmauswürfen wiederfinden, steht ebenfalls außer Frage. — Was aber wird aus den Fermentsubstanzen des Speichels, des Magensaftes, des Bauchspeichels und des Darmsaftes? Was aus der beträchtlichen Menge organischer Gallenbestandtheile, welche nicht durch den Darmcanal entleert wird, sondern zweifellos in das Blutgefäßsystem zurückkehrt? *) Wir haben von den endlichen Schicksalen dieser Fermentsubstanzen noch keine Ahnung; wir wissen nicht, was aus den Hüllen der Labzellen des Magen- und Darmsaftes wird. Und was die Galle anbetrifft, so wissen wir ebenfalls nicht, welchen Metamorphosen sie nach ihrem Eintritt in's Blut, und zwar sofort, unterliegt. Wir finden sie noch innerhalb des Darmcanals, dessen Wände benetzend, aber einen Schritt weiter, und vergebens suchen wir im Blute, außer vielleicht nach dem Cholestearin, nach ihren früher genannten Bestandtheilen. Selbst die endlichen Produkte ihrer Metamorphosen, die als solche vom Organismus ausgeschieden werden, kennen wir noch nicht, wenn es auch festgestellt ist, daß die Kohlensäure unter denselben einen hervorragenden Platz einnimmt. Ob es sich aber bestätigen wird, daß die Gallenbestandtheile auf dieser ihrer Bahn durch das Blut zum Theil zu integrirenden Bestandtheilen der Nervensubstanz, insonderheit zu Cerebrinsäure, metamorphosirt werden?? **) —

Es handelt sich zu zweit um die Schicksale der Gewebe und einzelnen Gewebsbestandtheile, und daß Muskel und Nerv unter ihnen dem lebhaftesten Stoffwechsel, ständigen Metamorphosen ihrer materiellen Zusammensetzung unterliegen, steht außer Zweifel. Aber auch hier wieder ist es fraglich, was zunächst aus dem Syntonin des Muskels, was aus der eiweißhaltigen, den Muskel tränkenden Ernährungsflüssigkeit, was aus dem Eiweißgehalt der Nervensubstanz, was aus den sog. „Fetten“ derselben, was endlich aus den unorganischen

---

*) Vgl. S. 227.

**) Desgl. S. 292.

Bestandtheilen beider wird. Ja auch hier wieder ist es noch unentschieden —, und dieselbe Frage ließen wir oben in Betreff der Drüsenzellen offen —, ob in dem Getriebe des Lebens die einmal vorhandenen Formbestandtheile, die Zellen und deren Abkömmlinge, ständig dieselben bleiben, so daß die Metamorphosen nur ihren Inhalt treffen, oder ob auch sie selbst oftmals untergehen und neu erstehen. Zwar darf man die hie und da gehegte Ansicht zurückweisen, daß sich Muskeln und Nerven, ja der ganze Organismus in dem Verlaufe von so und so viel Jahren oder Monaten von Neuem bilden, während in derselben Zeit die vorhandene Organenmasse untergehe. Es scheint vielmehr, daß das einmal vorhandene Gerüst mancher Gewebe, wie der Muskeln und Nerven, und namentlich der Knochen, längere Zeit hindurch fortbesteht und nur der Inhalt der Zellen ständigen Metamorphosen unterliegt, obschon es andrerseits auch von der äußern Haut ebensowohl, als von den Schleimhäuten der innern Organe erwiesen ist, daß ihre obersten Zellenlagen (Epidermis und Epithelien) ständig abgestoßen und durch neue ersetzt werden. Was dagegen von den Metamorphosen des Zelleninhalts, so wie des Inhaltes der aus den Zellen hervorgehenden Fasern, Röhren u. s. w. thatsächlich festgestellt ist, beschränkt sich auf sehr Weniges. Selbst die trefflichen Untersuchungen Liebig's „Ueber die Flüssigkeiten des Fleisches" *) geben uns in dieser Beziehung keinen bestimmten Aufschluß, da es, wie schon früher erwähnt, **) fraglich ist, welche von den von Liebig im Fleische entdeckten chemischen Verbindungen aus einer Metamorphose der Muskelfaser und deren Inhalt selbst, welche andrerseits aus der Metamorphose der den Muskel tränkenden Ernährungsflüssigkeit hervorgehen. Immerhin geben jedoch diese unübertroffenen Arbeiten unserer Vorstellung von der rückschreitenden Metamorphose der Gewebe einen ersten Anhalt, und um so mehr nur, als sich ihnen die Untersuchungen des jüngern von Liebig, so wie von Helmholtz schon vervollständigend anreihen, um so mehr, als uns in Betreff des Zerfalls andrer Gewebe so äußerst wenig Thatsachen zu Gebote stehen, wollen wir etwas ausführlicher auf die Resultate derselben eingehen.

---

*) Liebig u. Wöhler's Annalen d. Chem. u. Pharm. Bd. 62. Hft. 3.

**) Vgl. S. 171.

Die chemische Zusammensetzung des Muskels wurde oben (S. 170) bereits angedeutet. Er besteht im Wesentlichen aus Wasser, einer eiweißartigen Substanz, dem sog. Syntonin, etwas Fett und einigen unorganischen Bestandtheilen. Diese Substanzen haben ihre Quelle in dem Wasser, dem Eiweißgehalte, dem Fett und den unorganischen Bestandtheilen des Blutes, und wir müssen uns denken, daß die letztern, aus dem Blutgefäßsystem herausgetreten, zunächst das Muskelgewebe als Ernährungsflüssigkeit durchtränken, gewisse Metamorphosen erleiden, und sich dann an seinem Aufbau betheiligen oder zu seiner Restitution beitragen. Preßt man nun aber den ausgeschnittenen Muskel des Thieres aus, so erhält man einen Saft, in dem sich verschiedene stickstoffhaltige und stickstofffreie Verbindungen nachweisen lassen, welche in der aus dem Blute stammenden Ernährungsflüssigkeit nicht vorhanden sind, und wir können nicht anders, als schließen, daß sich diese Verbindungen eben im Muskel selbst aus den chemischen Bestandtheilen desselben hervorgebildet haben. Es finden sich in diesem ausgepreßten Safte Eiweiß und Faserstoff, die wir, und insonderheit das erstere, als der von dem Blute gelieferten Ernährungsflüssigkeit angehörig betrachten können. Neben ihnen aber enthält derselbe stickstoffhaltige Verbindungen, welche mit dem Namen Kreatin, Kreatinin und Inosinsäure belegt sind, und eine stickstofffreie Verbindung, die Milchsäure, und diese Stoffe eben sind es, welche aus den Bestandtheilen des Muskelgewebes, resp. der Ernährungsflüssigkeit, in Folge einer Metamorphose derselben hervorgegangen sein müssen. Es unterliegt dies um so weniger einem Zweifel, als in dem angestrengt thätig gewesenen Muskel eine größere Menge von Kreatin und Kreatinin, so wie namentlich von Milchsäure gefunden wird, als in dem unthätigen; ein Beweis zugleich, daß die Thätigkeit des Muskels den Umsatz seiner chemischen Bestandtheile steigert. — Aber es finden sich in der Fleischflüssigkeit auch zwei Gase aufgelöst: Sauerstoff und Kohlensäure. Ohne Frage gelangt der erstere von dem Blute aus in das Muskelgewebe hinein. In Betreff der zweiten sind wir aber wieder nur um so mehr zu dem Schluß berechtigt, daß sie aus der Verbindung jenes Sauerstoffs mit einem Theile des Kohlenstoffgehaltes des Muskels hervorging, und also im Muskel selbst entstand, als der jüngere von Liebig den Nachweis

lieferte, daß sich ihre Menge, gleich der des Kreatins, Kreatinins und der Milchsäure, in dem angestrengt thätigen Muskel vermehrt; und wenn Helmholtz fand, daß die Temperatur des Muskels durch seine Thätigkeit gesteigert wird, so steht auch eben diese Temperaturzunahme mit dem die Kohlensäure producirenden, und im letztern Falle gesteigerten Verbrennungs- oder Oxydationsproceß im schönsten Einklang. — Endlich enthält der ausgepreßte Fleischsaft auch gewisse unorganische Bestandtheile. Es sind in ihm 82 Proc. der gesammten unorganischen Bestandtheile des Muskels enthalten, und also nur 18 Proc. verbleiben dem ausgepreßten Gewebe selbst. Es bestehen aber jene Bestandtheile der Fleischflüssigkeit vorzugsweise aus Phosphorsäure und Kali, während die phosphorsauren Erden (Kalk und Magnesia) und namentlich die Chlorverbindungen in nur geringer Menge darin vorhanden sind, das Chlornatrium (Kochsalz) sogar mitunter ganz fehlt. Es tritt in diesen Verhältnissen eine eben so auffallende Verschiedenheit in der Vertheilung der unorganischen Bestandtheile zwischen Fleischsaft und Blutflüssigkeit hervor, als zwischen Blutflüssigkeit und Blutkörperchen (s. o. S. 263), und wie wichtig dieselbe für die Diffusionsvorgänge zwischen Blut und Muskelgewebe sein muß, bedarf kaum der Andeutung.

So finden sich also im Muskel oder in dem Fleisch, wie wir es vom Thiere zu diätetischen Zwecken gewinnen, chemische Verbindungen, die zur Restitution des durch seine Thätigkeit abgenutzten Muskelgewebes beitragen sollen (die Bestandtheile der eigentlichen Ernährungsflüssigkeit des Muskels); Verbindungen ferner, welche die Muskelfasern selbst constituiren (Syntonin u. s. w.), und Verbindungen endlich, welche aus dem Zerfall der Muskelfasern in Folge ihrer Thätigkeit oder auch direct aus Metamorphosen der erstgenannten Verbindungen hervorgehen. Kreatin, Kreatinin, Inosinsäure, Milchsäure, Kohlensäure und einige unorganische Verbindungen sind insonderheit als den letztern zugehörig zu bezeichnen. — Was nun aber wird aus diesen auslösbaren Bestandtheilen des Fleischsaftes? Wohin gelangen sie, vom Muskel aus, in dem sie enthalten sind? Wir dürfen es als zweifellos betrachten, daß sie größtentheils in das Blut zurücktreten und zur Umwandlung des arteriellen Blutes in venöses Blut beitragen. Welche

weiteren Metamorphosen sie dann aber zunächst im Blute selbst erleiden, ahnen wir kaum. — Die im Muskel gebildete Kohlensäure findet, in das Blut aufgenommen, ohne Frage durch Haut oder Lunge ihren Ausweg. Der Nachweis von Scharling, daß sich die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure nach Muskelanstrengungen vermehrt, liefert den Beweis dafür, und es giebt keinen andern Ausweg für die Kohlensäure als eben Haut oder Lunge. Kreatin und Kreatinin können als solche in den Nieren ausgeschieden werden. Man findet sie beide im Harn wieder. Ob jedoch nicht ein Theil des Kreatins auch zur Gallenbildung verwandt wird, muß um so mehr fraglich bleiben, als das wasserhaltige Kreatin ($C_8\,H_{11}\,N_3\,O_6$), als aus Glycocoll ($C_8\,H_8\,N_2\,O_6$) und Ammoniak ($H_3\,N$) zusammengesetzt gedacht werden kann, und das Glycocoll bekanntlich mit der Cholsäure die Glycocholsäure der Galle (s. S. 225) bildet. Was aus der Inosinsäure wird, ist noch sehr fraglich. Sei es jedoch bemerkt, daß Liebig nachwies, daß sie (wasserhaltig gedacht) geradeauf die Elemente der wasserfreien Essigsäure, der Oxalsäure und des Harnstoffs enthält:

$$\begin{array}{lcl} \text{Essigsäure} & = & C_4\;H_3\;O_3 \\ \text{Oxalsäure} & = & C_4\;O_6 \\ \text{Harnstoff} & = & C_2\;N_2\;H_4\;O_2 \\ \hline \text{wasserhalt. Inosinsäure} & = & C_{10}\;N_2\;H_7\;O_{11}\,; \end{array}$$

und sollte sie in der That in diese Verbindungen zerfallen, so würden Essigsäure und Oxalsäure durch Aufnahme von Sauerstoff im Blute beide weiterhin zu Kohlensäure und Wasser verwandelt werden, und so durch Haut oder Lungen ihren Ausweg finden, *) während der Harnstoff durch die Nieren ausgeschieden würde, um Bestandtheil des Harns zu werden. Endlich die stickstofffreie Milchsäure ($C_6\,H_5\,O_5 + HO$) kehrt ebenfalls in das Blut zurück. Welche Umwandlungen sie hier aber zunächst erleidet, ist gleichfalls noch nicht mit Bestimmtheit ermit-

---

*) Die Essigsäure = $C_4\,H_3\,O_3$ kann möglicherweise durch Aufnahme von 6 At. Sauerstoff in $C_4\,O_6$ und $H_3\,O_3$ d. h. in Oxalsäure und Wasser zerfallen, die Oxalsäure wieder wird durch Aufnahme von 2 At. Sauerstoff zu Kohlensäure = $C_4\,O_8$ verwandelt.

telt, wenn man auch nicht zweifeln kann, daß ihre endlichen Produkte wieder Kohlensäure und Wasser sind, und diese also wieder durch Haut oder Lunge den Organismus verlassen. Und was wird gleichzeitig aus den unorganischen Bestandtheilen des Fleischsaftes? Sie kehren mit den organischen zum Theil sicher in das Blut zurück. Kommen sie dann aber nicht anderweitig im Organismus zur Verwendung, so werden sie mit einem Theile des Wassers in den Nieren ausgeschieden. Als Phosphorsäure, Kali, Kalk und Magnesia finden wir sie im Harn wieder. —

Dies allgemeine Bild von dem Untergange eines Gewebes, und zwar des Muskelgewebes, mag hier genügen, um einen Begriff zu schaffen von den Vorgängen des Zerfalls der Gewebe und Gewebsflüssigkeiten des thierischen Körpers überhaupt. Es wird hinreichen, um dem Leser eine Vorstellung von einer langen Reihe von Metamorphosen zu geben, die die Nahrungsstoffe auf ihrem Wege durch den Organismus durchlaufen, und wollen wir jetzt versuchsweise einen einzelnen Bestandtheil der Nahrungsstoffe des Säugethiers, z. B. das Pflanzeneiweiß, von Anfang an, durch Darmcanal, Chylus und Blut, durch Muskel und wieder Blut hindurch, bis zu den Ausscheidungsorganen hin, von Stufe zu Stufe verfolgen, so würden wir etwa folgendes Schema, so lückenhaft und fraglich dasselbe auch in einigen Punkten noch sein mag, vor uns haben:

Das Pflanzeneiweiß erfährt:

in der Mundhöhle	— Einweichung, Auflockerung;
im Magen	— Auflösung und Metamorphose zu nicht gerinnbarem Eiweiß;
im Darmcanal	— desgleichen und Aufsaugung durch die Chylusgefäße;
in den Chylusgefäßen	— theils Metamorphose zu gerinnbarem Eiweiß, theils Verwendung zur Zellenbildung;

erscheint dann:

im Blute	— als Bluteiweiß und (in metamorphosirter Form) als Bestandtheil der Blutkörperchen und als Faserstoff;

im Muskelgewebe	—	als Bestandtheil der Muskelsubstanz selbst (in der Form von Syntonin u. s. w.), und als Bestandtheil der Ernährungsflüssigkeit (in der Form von Eiweiß und Faserstoff);

wird unter Aufnahme von Sauerstoff metamorphosirt:

im Muskelgewebe selbst	—	zu Kreatin, Kreatinin, Inosinsäure, Milchsäure und Kohlensäure;

erscheint wieder:

im Blute	—	als Kreatin, Kreatinin, Inosinsäure, Milchsäure und Kohlensäure;

erleidet dort neue Metamorphosen und erscheint endlich:

im Harn	—	als Kreatin, Kreatinin und Harnstoff;
in der Galle	—	als Glycocoll (Bestandtheil der Glycocholsäure);
und in der von den Lungen oder der Haut ausgeathmeten Luft	—	als Kohlensäure und Wasser.

Wird es uns erst möglich sein, einen jeden Bestandtheil der Nahrungsstoffe auf seinem Wege durch den Organismus in dieser Weise zu verfolgen, und sind die einzelnen Stufen, die derselbe durchläuft, thatsächlich und zweifellos festgestellt, so wird die Lehre vom Stoffwechsel in einer Beziehung ihr Ziel erreicht haben. Doch wie weit sind wir heutigen Tages noch von demselben entfernt! Eben so wenig wie wir in der Pflanze die aufsteigende Stufenleiter der einzelnen in ihr gebildeten Stoffe, von den unorganischen Bestandtheilen der Luft und des Erdbodens an bis zu den Stoffen hin, die uns in Frucht und Blatt und Stamm fertig gebildet geliefert werden, zu übersehen vermochten, ist es uns hier möglich, die absteigende Leiter von Stufe zu Stufe zu verfolgen, und wiederholt nur sei darauf aufmerksam gemacht, daß das eben gegebene Schema für einen einzelnen Stoff nur eine allgemeine

Anschauung von der Art und Weise des Zerfalls der Nahrungsstoffe und der aus ihnen hervorgegangenen Gewebe geben soll, nicht aber etwa schon der Ausdruck über jeden Zweifel erhabener Thatsachen ist. Auch wollen wir es nicht unerwähnt lassen, daß das Schema bei weiterem Verfolge noch weit complicirter hätte ausfallen müssen. Die Blutkörperchen z. B. bilden sich ohne Frage nur mit Hülfe des Eiweißgehaltes der Nahrungsstoffe. Der von ihnen in Anspruch genommene Antheil dieses Eiweißgehaltes durchläuft nun aber ganz andere Metamorphosen, als der in der Blutflüssigkeit gelöst bleibende Theil, und wären unsre frühern Vermuthungen richtig, so würde eben jener Antheil, jene eiweißartigen Bestandtheile der Blutkörperchen, zunächst zu Gallenbestandtheilen und vielleicht zu Harnstoff metamorphosirt werden, der Harnstoff sodann in den Nieren ausgeschieden, die Gallenbestandtheile aber ins Blut zurückgekehrt, noch weiter, vielleicht zur Bildung der Nervensubstanz, verwandt, um schließlich wieder in der Form von Kohlensäure, Wasser und vielleicht auch Harnstoff oder Harnsäure den Organismus zu verlassen.

Doch wir dürfen und wollen uns hier nicht bei Möglichkeiten aufhalten. Ein Bild des Geschehens, ein Bild von dem Aufbau und Zerfall der Gewebe wird mit den obigen Andeutungen in Betreff des Muskelgewebes gegeben sein, und damit ist unser gegenwärtiger Zweck erreicht. — Aus Mangel an zuverlässigen Thatsachen stehen wir hier auch davon ab, den Zerfall anderer Gewebe und Gewebsflüssigkeiten, wie des Nervengewebes, der Knochen u. s. w. zu verfolgen. — Das eben gegebene Bild führt uns dagegen sofort zur Erwägung eines weiteren und allgemeinern Verhältnisses, zur Erwägung der Metamorphosen, welche das Blut selbst innerhalb eines jeden Gewebes in Folge der Abgabe und Aufnahme verschiedener Stoffe erfahren muß; und wenn es unmöglich ist, ohne die richtige Auffassung eben dieser Metamorphosen eine klare Vorstellung von den stets wechselnden Zuständen des Blutes und seinen Beziehungen zu den Geweben zu gewinnen, so erfordert ihre Darstellung eine nur um so gespanntere Aufmerksamkeit.

Wir wissen bereits, daß das Blut in größeren Gefäßstämmen auf der einen Seite in die Organe des Thierkörpers ein-, auf der andern

aus ihnen heraustritt, daß es sich ferner innerhalb derselben in feinsten Capillargefäßen vertheilt, an den Muskel- oder Nervenfasern, an den Drüsenzellen u. s. w. verzweigt, und diesen dann einmal das Material zur Ernährung oder zur Drüsensaftbereitung liefert, gleichzeitig aber auch von ihnen zurückerhält, was zur Bildung des Gewebes oder der Drüsensäfte nicht verwandt wurde, was ferner als abgenutzter Gewebsbestandtheil aus dem organischen Nexus entfernt werden soll. Das oben (S. 242) gegebene schematische Bild von der Verzweigung der Pfortader in der Leber u. s. w. mag der Vorstellung hier zum Stützpunkt dienen. — Es ist nun ohne Weiteres klar, daß, wenn das Blut innerhalb der Gewebe, sei es Muskel, Nerv, Drüse oder Knochen, gewisse Bestandtheile abscheidet und andre Bestandtheile wieder aufnimmt, es bei seinem Eintritt in das Gewebe anders beschaffen sein muß, als bei seinem Austritt aus demselben. Es ist ferner klar, daß wenn das Blut in jedem Gewebe verschiedene Stoffe abgiebt, aber auch verschiedene Stoffe zurückempfängt, das aus den Geweben abfließende Blut je nach den Geweben selbst eine verschiedenartige Zusammensetzung haben muß, und es kann keinem Zweifel unterliegen, daß eine genaue Kenntniß dieser Verhältnisse eine nothwendige Bedingung ist für die Lehre vom Stoffwechsel innerhalb der Gewebe überhaupt. Die Richtigkeit dieser Sätze leuchtet von selbst ein. Ist sie aber auch bereits durch Thatsachen gestützt? — Das eine und allbekannte Verhältniß, daß das in alle Organe des Thierkörpers eindringende hellrothe (arterielle) Blut als dunkler gefärbtes (venöses) wieder aus ihnen heraustritt, in den Athmungsorganen aber ein umgekehrtes Verhältniß Statt hat, d. h. venöses Blut in dieselben ein-, und arterielles Blut aus ihnen hervortritt, ist schon ein genügender Beweis für dieselbe. Es ist diese Farbenveränderung, — um es sogleich zu erwähnen —, davon abhängig, daß das arterielle Blut in den verschiedenen Organen Sauerstoff abgiebt und Kohlensäure zurückempfängt (s. S. 307), das venöse Blut dagegen in den Athmungsorganen Kohlensäure ausscheidet und Sauerstoff aus der Atmosphäre aufnimmt; und wenn wir durch Henle's klare Versuche erfahren haben, daß Kohlensäure die Blutkörperchen aufbläht, Sauerstoff dagegen zusammenziehend auf sie einwirkt, das aufgeblähte Blutkörperchen aber ein andres Licht-

brechungsvermögen besitzen muß, als das contrahirte, so ist damit die fragliche Erscheinung auch bereits in ihrem letzten Grunde erklärt. — Doch unsere Kenntniß von den Differenzen des in die verschiedenen Organe ein- und aus ihnen heraustretenden Blutes sind in neuerer Zeit noch um ein Bedeutendes über diese eine und allgemeine Thatsache hinausgerückt, und zwar sind es Lehmann's seit einer längern Reihe von Jahren fortgeführte Untersuchungen, denen wir diesen Fortschritt danken. Es sind diese Arbeiten so trefflich, daß sie unsere obigen Prämissen nicht nur vollkommen rechtfertigen, sondern auch schon eine Reihe von Thatsachen aufgedeckt haben, welche die verschiedenartigen Metamorphosen des Blutes in verschiedenen Geweben in's klarste Licht stellen. Freilich ist in Betreff mancher derselben kaum ein Anfang gemacht, und wir können uns hier auf die Reihe von Untersuchungen, welche Lehmann in den „Berichten der königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften 1855" niedergelegt hat, um so weniger einlassen, als die einzelnen Resultate derselben noch weiterer Prüfung und Ausdehnung bedürfen. Nur im Vorbeigehen sei es erwähnt, daß sich in den kleinern, aus den Muskeln zurückkehrenden Venen constant mehr Faserstoff findet, als in den in dieselben eintretenden Arterien, daß das Blut ferner in den Lungen gegen 2 Proc. Eiweiß, welches hier wahrscheinlich zu Faserstoff umgewandelt wird, verliert, daß ferner die kleineren Muskelvenen constant mehr Wasser, aber weniger Blutkörperchen enthalten, als die Arterien. In Betreff einiger drüsiger Organe, und namentlich der Leber, sind uns durch die Untersuchungen aber bereits die werthvollsten Aufschlüsse zu Theil geworden, und einmal um ein Beispiel für die in Frage stehenden Verhältnisse zu geben, sodann aber auch, weil sich die Resultate dieser Untersuchungen erläuternd an manche unserer frühern Bemerkungen anschließen, sei hier der frappanten Blutmetamorphose in der Leber etwas ausführlicher gedacht.

Das Pfortaderblut ist bekanntlich (neben dem Blute der Leberarterie) das der Leber zufließende, das Lebervenenblut das aus ihr zurückkehrende; die Galle stellt den in der Leber gebildeten Absonderungssaft dar. Während nun aber das Pfortaderblut, und namentlich während der Verdauungszeit, reich ist an Wasser, ist das Lebervenenblut unter allen Umständen ärmer daran, und die Differenz dieses Wasser-

gehaltes kann sich nach vollendeter Verdauung so hoch belaufen, daß in jenem Blut mehr als doppelt so viel Wasser enthalten ist, als in diesem. Umgekehrt dagegen mit den Blutkörperchen. An ihnen, und zwar den gefärbten sowohl, als farblosen, ist immer das Lebervenenblut reicher als das Pfortaderblut, und diese Differenz ist wieder so bedeutend, daß wenn im Pfortaderblute auf 100 Th. Blutserum 141 Th. feuchte Blutzellen kommen, auf 100 Th. Blutserum der Lebervene 317 Th. Blutzellen fallen. Die Blutzellen des letzteren Blutes sind dabei aber ärmer an Fett und Salzen und besonders ärmer an dem eisenhaltigen rothen Farbstoff (Hämatin), als die des Pfortaderblutes. Das Pfortaderblut ist ferner immer faserstoffhaltig; dem Lebervenenblut hingegen fehlt der Faserstoff entweder ganz oder er ist in nur sehr geringer Menge in ihm enthalten. Ebenfalls sind Eiweiß, Fett und Salze im Lebervenenblute in geringerer Menge enthalten, als im Pfortaderblut. Dagegen ist wieder der Gehalt an Extractivstoffen und namentlich der Gehalt an Zucker in jenem immer größer, als in diesem. — Die Metamorphosen, welche mit dem Pfortaderblut in der Leber vor sich gehen, sind darnach von selbst klar. Es verliert Wasser, Faserstoff, Eiweiß, Fett, gewisse Salze und eisenhaltiges Hämatin, wird dagegen reicher an Blutkörperchen, an Extractivstoffen und insonderheit an Zucker. Ueber das Wie? dieser Metamorphosen dürfen wir noch nicht entscheiden. Nur als wahrscheinlich läßt es sich bezeichnen, daß das zum Theil aus dem Pfortaderblut verschwindende Eiweiß zur Bildung von Blutkörperchen, das zum Theil verschwindende eisenhaltige Hämatin zur Bildung des Gallenfarbstoffs verwandt wird, daß sich ferner die verschwindenden Mengen von Wasser, Fett und unorganischen Bestandtheilen ebenfalls an der Bildung der Galle betheiligen, der verschwindende Faserstoff aber derartige Metamorphosen in der Leber erfährt, daß einmal gewisse Gallenbestandtheile, andrerseits der Zucker, welcher sich in der Lebervene findet, aus ihm hervorgehen. Dennoch aber reichen die Thatsachen hin, um uns von den bedeutenden Differenzen des in ein Organ ein- und des aus ihm heraustretenden Blutes eine allgemeine, klare Vorstellung zu verschaffen, und wir sind auf ihren Grund vollkommen zu dem Schluß berechtigt, daß es sich ähnlich in allen Organen und Geweben des Thierkörpers verhält, sei es nun, daß

sie der Bereitung und Absonderung bestimmter Säfte dienen, oder daß sie andere Functionen zu erfüllen haben. Ueberall im Organismus hat das Blut eine verschiedene Beschaffenheit; es ist, wie wir sagten, „eine ständigen Wechseln in seiner Zusammensetzung unterworfene Flüssigkeit." Eine große Aufgabe der Physiologie wird darin bestehen, diese Verschiedenheiten aufzudecken; von ihrer Lösung dürfen wir die wesentlichsten Aufschlüsse über den Stoffwechsel im Innern der einzelnen Organe erwarten. —

Wir verlassen jetzt die Frage nach den Rückbildungsvorgängen der Drüsensäfte und Gewebe, so wie nach den Veränderungen, welche das Blut in den einzelnen Organen erfährt. Aber es erübrigt noch die dritte Frage. Was wird aus jenen Stoffen, die, vom Darmcanal aus in's Blutgefäßsystem aufgenommen, zum Theil sicher niemals integrirende Bestandtheile der Gewebe werden, vielmehr auf ihrer Laufbahn im Blute selbst, als sog. Respirationsmittel, bestimmte Metamorphosen erleiden und damit zur Ausscheidung aus dem Organismus geschickt gemacht werden? Es zählen hierher insonderheit das Wasser, der Zucker, die Milchsäure und die aus ihr schon im Darmcanal hervorgehende sog. Buttersäure, der Alkohol, die organischen Säuren und ein großer Theil der mineralischen, unorganischen Bestandtheile der Nahrungsmittel, wie das Kochsalz, die pflanzensauren Salze, einige phosphorsaure Salze u. s. w. Was geschieht mit ihnen, sobald sie in das Blutgefäßsystem aufgenommen sind?

Ueber die Bahnen des Wassers können wir nicht zweifelhaft sein. Es dringt vom Blute aus in die Gewebe ein, spielt als Lösungsmittel der meisten organischen und unorganischen Verbindungen, als wesentlichstes Vermittlungsglied des Stoffwechsels, in ihnen sowohl, als innerhalb des Blutes selbst eine höchst bedeutungsvolle Rolle, kehrt aus den Geweben in das Blut zurück und verläßt den Organismus nun, ebenfalls als Lösungs- oder Transportmittel verschiedener organischer und unorganischer Verbindungen, zum Theil durch Haut und Lungen, zum kleinsten Theil durch den Darmcanal, zum größern aber durch die Nieren. Man könnte in der That die Frage aufwerfen, weshalb der Organismus täglich einer so beträchtlichen Menge von Wasser bedarf? Die Antwort ist jedoch nicht schwer. Einmal ist das Wasser, wie er-

wähnt, durch seine auflösende Einwirkung auf viele Verbindungen die wesentlichste Bedingung für den ungehinderten Ablauf der chemischen Metamorphosen in Blut und Geweben; zu zweit hat uns Liebig die ständige Verdunstung an der Oberfläche des Körpers und in den Athmungsorganen als ein wesentliches Beförderungsmittel für die Aufnahme des Nahrungssaftes im Darmcanal kennen gelehrt, *) und ohne die beständige Zufuhr neuer Mengen von Wasser würde jene Verdunstung nicht in zweckentsprechender Weise erfolgen können; zu dritt aber können auch alle auszuscheidenden Stoffe das Blutgefäßsystem nur in gelöster Form verlassen, und also muß auch für diese jeder Zeit ein bestimmtes Quantum von Wasser zur Disposition stehen. Es sind diese Verhältnisse einleuchtend genug, als daß sie einer weitern Darlegung bedürften. — Vom Zucker haben wir schon früher bemerkt, daß er als solcher und größtentheils in der Form des Traubenzuckers, in das Blut übergeht, oder auch schon im Darmcanal zu Milchsäure umgewandelt wird. Ist ersteres der Fall, und wird er in sehr reichlicher Menge in's Blut aufgenommen, so wird er zum Theil, und zwar mit dem Harn, als Zucker wieder ausgeschieden. Der größere Theil wandelt sich aber im Blute (in Folge eines Fermentationsvorganges?) wahrscheinlich in dieselbe Säure um, in welche ein Theil schon im Darmcanal umgewandelt wurde, d. h. in Milchsäure, die Milchsäure verwandelt sich möglicher Weise unter Wasseraufnahme in Buttersäure, Kohlensäure und Wasser, **) die Buttersäure schließlich ebenfalls in Kohlensäure und Wasser, und beide diese Verbindungen sind somit als die endlichen Produkte der Zuckermetamorphose zu betrachten. Mit der aus dem Stärkmehl, dem Zucker u. s. w. im Darmcanal hervorgehenden Milchsäure verhält es sich aber in gleicher Weise. Sie wird in das Blut aufgenommen und hier bis zu Kohlensäure und Wasser hin meta-

---

*) Vgl. S. 239.

**) Diese Metamorphose wird durch folgendes Schema veranschaulicht:

2 At. Milchsäure = $C_{12}\,H_{10}\,O_{10}$ }
plus 2 „ Wasser = $H_2\,O_2$ }
bilden { $C_8\,H_8\,O_4$ = 1 At. Buttersf.
C_4 O_8 = 4 „ Kohlens.
H_4 = 4 „ Wasserst.,
welche sich mit Sauerstoff zu Wasser verbinden.

morphosirt. Sei es jedoch bemerkt, daß zwischen der Milchsäure und zwischen den endlichen Producten, Wasser und Kohlensäure, wahrscheinlicher Weise noch mehre Mittelstufen liegen, und ist eine derselben vielleicht die erwähnte Buttersäure, so reihen sich an sie vermuthlich noch mehre Fettsäuren, wie z. B. die sog. Caprylsäure, Capronsäure u. s. w. an, Metamorphosen, zu deren Annahme uns einmal die unzweifelhafte Fettbildung bei vorzugsweise mit Zucker gefütterten Thieren (Wachsbildung bei den Bienen), andrerseits die manchen Thieren eigenthümlichen, und oft nur zu widerlichen Gerüche der Hautausdünstung zwingen. Der Alkohol ferner, über dessen Metamorphosen uns Duchek eine treffliche Arbeit geliefert hat, wird sehr rasch ins Blutgefäßsystem aufgenommen. Kaum aber in demselben angelangt, verwandelt er sich schon in Aldehyd, aus diesem wieder gehen stufenweise verschiedene Säuren, von denen Essigsäure und Kleesäure (oder Oxalsäure) bereits im Blute aufgefunden sind, hervor, und die endlichen Resultate der Metamorphose dieser sind schließlich wieder Kohlensäure und Wasser. *)

---

*) Die folgende Metamorphosenreihe des Alkohols mag ein Bild seines möglichen Zerfalls im Organismus geben:

Der Alkohol besteht aus . . . . $C_4 H_6 O_2$;

durch Aufnahme von 2 At. Sauerstoff verwandelt er sich in 2 At. Wasser und Aldehyd . . . . $= 2 HO + \underbrace{C_4 H_4 O_2}_{\text{Aldehyd}}$;

das Wasser geht fort; der Aldehyd aber verwandelt sich durch Aufnahme von 2 At. O weiter in 1 At. Wasser und Essigsäure $= HO + \underbrace{C_4 H_3 O_3}_{\text{Essigsäure}}$;

das Wasser geht wieder fort; die Essigsäure aber verwandelt sich durch Aufnahme von 4 At. O wieder weiter in 1 At. Wasser und 2 At. Ameisensäure . . . . . . $= HO + \underbrace{2 (C_2 HO_3)}_{\text{2 At. Ameisensäure}}$;

das Wasser geht wieder fort; die Ameisensäure aber verwandelt sich durch Aufnahme von 2 At. O wieder weiter in 2 At. Wasser und 2 At. Kleesäure . . . . . . $= 2 HO + \underbrace{2 (C_2 O_3)}_{\text{2 At. Kleesäure}}$;

das Wasser geht wieder fort; und die Kleesäure verwandelt sich endlich durch Aufnahme von 2 At. O in 4 At. Kohlensäure . . . . $= \underbrace{4 (CO_2)}_{\text{4 At. Kohlensäure}}$.

Ein Gleiches gilt endlich von allen organischen Säuren, sobald wir sie, wie es meistens geschieht und wie sie uns in den Früchten dargeboten werden, in Verbindung mit Alkalien, also als pflanzensaure Salze, genießen. Die Citronensäure, die Weinsäure, die Aepfelsäure, sie alle werden im Blute zu Kohlensäure und Wasser umgewandelt und werden als solche nicht nur durch Lungen und Haut, sondern auch mit dem Harn ausgeschieden. F. Wöhler danken wir die Entdeckung, daß sich die pflanzensauren Salze der genossenen Früchte als kohlensaure Salze alsbald im Harn wiederfinden, und es leidet demnach keinen Zweifel, daß die Kohlensäure des kohlensauren Salzes aus der Pflanzensäure des pflanzensauren Salzes hervorging. — Und was wird schließlich aus den in Frage stehenden unorganischen Bestandtheilen der Nahrungsmittel? Was von ihnen nicht zum Aufbau der Gewebe, zur Bildung von Zellen u. s. w., oder zur Erhaltung einer normalen und gleichmäßigen Blutmischung verwandt wird, wird vom Blute aus alsbald in den Nieren oder im Darmcanal, und zum kleinen Theil in der Haut ausgeschieden, um dann als Bestandtheil des Harns, oder der Darmentleerungen, oder des Schweißes seinen Ausweg aus dem Organismus zu finden. — Keineswegs aber bleiben die unorganischen Verbindungen auf diesen ihren Wegen immer und überall dieselben. Auch sie unterliegen mannigfachen Veränderungen, und kommen einerseits hie und da Trennungen von Salzen in ihre Säure und Basis vor, verbindet sich nach erfolgter derartiger Trennung die Basis vielleicht mit einer andern Säure, die Säure mit einer andern Basis, so verbinden sich andrerseits gewisse Elementarstoffe auf ihrem Wege durch den Organismus auch mit Sauerstoff, d. h. sie oxydiren, bilden Säuren, und nur in dieser Form scheiden sie aus dem Organismus aus. So kommt z. B. das mit den Nahrungsmitteln genossene phosphorsaure Natron zum größten Theil als phosphorsaures Kali im Harn wieder zum Vorschein (Böcker), und wir müssen annehmen, daß das erstere innerhalb des Organismus in Phosphorsäure und Natron zerlegt wurde, jene sich dann aber mit Kali, dieses dagegen mit einer Säure, vielleicht mit der Chlorwasserstoffsäure zu Kochsalz verband. So erfährt ferner das Kochsalz (Chlornatrium) eine Zerlegung in Chlor-

wasserstoffsäure und in Natron, *) kommt später wieder in Folge der abermaligen Verbindung seiner beiden Componenten als Kochsalz im Blute zum Vorschein, und wird endlich als solches im Harn entleert. So verbindet sich ferner der Schwefel- oder Phosphorgehalt einzelner stickstoffhaltiger Bestandtheile der Nahrungsmittel mit dem Sauerstoff zu Schwefelsäure und Phosphorsäure, und diese werden nun als solche mit dem Harn ausgeschieden. Doch auch diese Verhältnisse sind erst zum kleinen Theil thatsächlich festgestellt, wenn immerhin auch schon genügend, um ihre hohe Bedeutung für die Vorgänge des Stoffwechsels begreifen zu lassen. Die Ansicht, daß die mineralischen Bestandtheile der Nahrungsmittel den thierischen Organismus durchlaufen, ohne bei den Bildungsvorgängen innerhalb desselben eine nur irgend hervorragende Rolle zu spielen, oder selbst eine Veränderung in ihren Verbindungen zu erfahren, hat in der That den Ergebnissen der neuern Forschungen weichen müssen, und mehr und mehr erkennen wir, daß durch die Trennung der verschiedenen Salze in Säure und Basis, durch deren neue Verbindung mit beziehungsweise andern Basen und Säuren, — seien diese nun organische oder unorganische —, daß ferner durch die Oxydation einzelner Elementarstoffe der Nahrungsmittel zu Säuren und deren eventuelle Verbindung mit Basen, oder endlich auch durch die Verbindung dem Organismus direct mit den Nahrungsmitteln einverleibter Basen mit in demselben gebildeten oder schon vorhandenen freien Säuren, auf die Vorgänge des Stoffwechsels im Allgemeinen ebensowohl, als auf die Erhaltung des für die einzelnen Organismen einmal festgestellten Verhältnisses zwischen Säuren und Basen ein bedeutender Einfluß ausgeübt wird, ein Verhältniß, welches nach unseren früheren Mittheilungen nicht nur für die en- und exosmotischen Vorgänge, sondern auch, wie wir sogleich erwähnen werden, für den Ablauf der Metamorphosen organischer Verbindungen von größter Wichtigkeit ist. Es hat diese Erkenntniß eine weittragende und namentlich hohe praktische Bedeutung. Erst mit ihrer Hülfe vermögen wir die Wirkung als Heilmittel dargereichter Mineralsäuren und Alkalien einigermaaßen zu begreifen. Denn es kann keinem Zweifel unterliegen, daß, während die

---

*) Vgl. S. 228 u. 283.

Säuren sich mit einer entsprechenden Menge von Alkalien im Organismus verbinden und in Verbindung mit ihnen den Organismus wieder verlassen, die Alkalien sich umgekehrt größtentheils mit im Organismus vorhandenen Säuren verbinden und, verbunden mit diesen oder (falls es organische Säuren, z. B. Milchsäure, Essigsäure u. s. w. waren) mit deren Umwandlungsprodukten, aus dem Organismus ausscheiden. Im erstern Falle wird dem Organismus aber eine gewisse Menge alkalischer Basen, im letztern eine gewisse Menge organischer oder unorganischer Säuren entzogen, und eine solche Entziehung ist eben für den Ablauf der Stoffmetamorphosen von der erheblichsten Bedeutung.

Die so schwierig darzustellenden Metamorphosen der Nahrungsstoffe haben wir damit bis zu ihrem Austritt aus dem Organismus hin so weit angedeutet, als es Aufgabe dieser Blätter sein konnte. — Auch hier leitete den Verf. die Ansicht, daß es bei dem Versuche einer allgemein-verständlichen Darstellung der Physiologie, die nicht nur das bereits Errungene, sondern auch das zu Erringende in's Auge fassen soll, richtiger ist, die vorhandenen Lücken neben den bereits festgestellten Thatsachen klar aufzudecken, als dieselben mit wenigen Worten zu umgehen, und damit eine dem Verständniß des zusammenhängenden Ganzen nur zu nachtheilige Lücke offen zu lassen. Die Aufgabe der Darstellung ist in solchem Falle freilich eben so schwierig, als die sichere und klare Auffassung von Seiten des Lernenden, und zumal auf einem so sehr verwickelten Gebiete von Erscheinungen, wie dem eben besprochenen. Stelle man sich aber nur die einzelnen Nahrungsstoffe als Gruppen eng verbundener Elementarstoffe vor, denke man sich, daß sich diese Gruppen im thierischen Organismus in immer kleinere und zahlreichere Gruppen trennen, um schließlich, bei der letzten Trennung angelangt, den Organismus in der Form sehr einfacher Verbindungen zu verlassen, — und man wird ein im Allgemeinen richtiges Bild von den beregten Metamorphosen der Nahrungsstoffe, vergleichbar dem eines Stammbaumes, vor sich haben. — Doch die Physiologie hat in jedem einzelnen Falle nicht nur die Aufgabe, die Lebenserscheinung selbst darzustellen, und ihren Zusammenhang mit andern Erscheinungen zu verfolgen; sie soll auch den Ursachen jeder Erscheinung, den zwingenden Gründen ihres Zustandekommens nachforschen. Was also, haben wir noch zu fragen,

bedingt den Zerfall der Gewebe? Welches ist die Ursache der ständig fortlaufenden und streng geregelten Metamorphosen der in das Blut aufgenommenen und in ihm kreisenden Nahrungsstoffe?

Es wurde oben bereits erwähnt, daß die immerwährende Aufnahme von Sauerstoff in den Respirationsorganen als die wesentlichste Ursache der Stoffmetamorphosen im thierischen Organismus, so weit sie sich auf den Zerfall der Gewebe und Blutbestandtheile erstrecken, zu betrachten sei, und in der That leidet es kaum einen Zweifel, daß die Mehrzahl der in Frage stehenden chemischen Vorgänge als Oxydationsvorgänge oder Verbrennungsprocesse aufzufassen sind. Die Bildung der Kohlensäure im Organismus resultirt aus der Verbindung des Sauerstoffs mit dem Kohlenstoff der organischen Verbindungen; das allmählige Hervorgehen des Aldehyds, der Essigsäure, der Oxalsäure und der Kohlensäure aus dem Alkohol bei gleichzeitiger ständiger Abgabe von Wasser lernten wir oben (S. 318) als von der fortdauernden Sauerstoffaufnahme dieser einzelnen Stoffe abhängig kennen u. s. w. u. s. w. — Aber dennoch, die Oxydation, die Verbindung der einzelnen organischen Verbindungen mit dem Sauerstoff reicht zur Erklärung des in bestimmter Weise erfolgenden Zerfalls derselben nicht aus. Es scheint vielmehr, daß einmal das Zustandekommen dieser Oxydationsvorgänge selbst abhängig ist von der Mitwirkung oder Beihülfe anderer, bereits oben erwähnter Verhältnisse (s. S. 303), daß andrerseits aber auch gewisse Metamorphosen auf ganz andre ursächliche Momente zurückgeführt werden müssen, als auf die Sauerstoffaufnahme. Wir wissen, daß der Zerfall des Zuckers oder der Pflanzensäuren bis zu ihren endlichen Produkten, Kohlensäure und Wasser, hin, wesentlich durch die Verbindung des Sauerstoffs mit den Kohlenstoffatomen des Zuckers oder der Pflanzensäuren bedingt ist. Allein eben so bestimmt wissen wir auch, daß diese Verbindung gar nicht oder in ganz andrer Weise erfolgen würde, wenn nicht gewisse begleitende Umstände dieselbe begünstigten oder überhaupt ermöglichten. — Die Spaltung des Kochsalzes auf der andern Seite in Chlorwasserstoffsäure und Natron, die wahrscheinliche Metamorphose des Zuckers zu Milchsäure und die Spaltung dieser in Buttersäure, Kohlensäure und Wasserstoff (s. S. 317)

wird Niemand als Oxydationsvorgang zu bezeichnen geneigt sein. Daß aber dennoch bestimmte Ursachen dieses Zerfalls existiren, wird eben so wenig Jemand bezweifeln. Sind wir aber schon mit jenen begleitenden und begünstigenden Verhältnissen bekannt? Kennen wir schon mit Bestimmtheit die übrigen in Frage stehenden ursächlichen Momente der Stoffmetamorphose? — Sagen wir es kurz. Vermuthen dürfen wir, daß es sich, wie beim Aufbau der Gewebe, so auch bei ihrem Zerfall zum Theil um electrische, wenn auch bis dahin unserer Deutung gänzlich unzugängliche Vorgänge handelt; als ausgemacht dürfen wir es dagegen betrachten, daß eben so wenig wie der Aufbau, so der Zerfall der Gewebe und Blutbestandtheile ohne Beihülfe der unorganischen Bestandtheile der Nahrungsstoffe und weiterhin des Blutes zu Stande kommt, und hierauf eben beruht der hochwichtige Einfluß derselben, auf welchen wir so eben hingedeutet haben. Die Zelle bildet sich, unsern frühern Mittheilungen zufolge, nicht ohne die Gegenwart und Beihülfe des phosphorsauren Kalkes. Aber es will scheinen, daß auch für ihren Zerfall oder den Zerfall ihres Inhaltes, so wie für die Metamorphose der organischen Bestandtheile gewisse unorganische Verbindungen erforderlich sind, und als solche dürfen wir bereits mit Bestimmtheit die alkalischen Basen: Kali und Natron, und nicht minder manche Salze wie das Kochsalz, das kohlensaure Kali oder Natron u. s. w. bezeichnen. Nur ein einzelnes Beispiel mag dieses Verhältniß erläutern.

Werden dem Organismus organische Säuren, also z. B. Citronensäure, Aepfelsäure u. s. w., zugeführt, so werden diese Säuren mehr oder weniger unverändert mit dem Harn ausgeschieden. Werden dagegen dieselben Säuren in Verbindung mit alkalischen Basen, also als pflanzensaure Salze genossen, — und in dieser Verbindung sind sie zum größten Theil in den Früchten enthalten —, so werden sie im Blute in der Weise metamorphosirt, wie wir es oben bezeichneten, d. h. sie zerfallen in Kohlensäure und Wasser. Die alkalischen Basen sind es also, welche in diesem Falle eine nothwendige Bedingung bilden für den Zerfall oder die Metamorphose einer organischen Verbindung, und zwar der organischen Säure.*) — Eine ganz ähnliche Wirkung scheinen

*) Vgl. Liebig's chemische Briefe, 3. Aufl. S. 523.

nun aber die Alkalien auf die Metamorphose nicht nur sämmtlicher stickstofffreien, sondern auch der stickstoffhaltigen Nahrungsbestandtheile auszuüben. Sie sind wesentliche Bedingungen für den Zerfall derselben, ja wir wissen selbst, daß sie, in größerer Menge genossen, diesen Zerfall beschleunigen, eine Wirkung, welche uns die Heilkräfte alkalischer Wässer, der Sodawässer, der Emser-, Selterser- und anderer Quellen zum Theil erklärt. Auch das Kochsalz hat, in Bezug auf die eiweißartigen Bestandtheile wenigstens, eine ähnliche Wirkung; es beschleunigt, in größerer Quantität genossen, die Metamorphose derselben. Die mineralischen Säuren dagegen üben, ganz übereinstimmend mit diesen Erfahrungen, eine geradezu entgegengesetzte Wirkung aus; sie fesseln eine gewisse Menge von Alkalien an sich, hindern in dieser Weise deren Einwirkung auf die organischen Verbindungen, und treten damit deren Metamorphose hemmend entgegen. So weit befinden wir uns auf dem Gebiete der Thatsachen. Gehen wir nun aber noch einen Schritt weiter und fragen, weshalb und wie die Alkalien und Säuren diese ihre den Stoffwechsel beschleunigenden oder retardirenden Wirkungen entfalten, so müssen wir bis dahin die Antwort schuldig bleiben. Was wir davon wissen, beschränkt sich auf die von Chevreul festgestellte Erfahrung, daß „eine Menge organischer Verbindungen bei Berührung oder in Gegenwart von freiem Alkali das Vermögen empfangen, sich mit Sauerstoff zu verbinden (zu verbrennen), ein Vermögen, welches sie für sich bei gewöhnlicher Temperatur oder bei der Temperatur des thierischen Körpers nicht besitzen." *)

In Betreff der eben ausgesprochenen Vermuthung, daß auch die electrischen Kräfte bei dem Zerfall der Gewebe betheiligt seien und damit eine wesentliche Bedingung für den Eintritt der in Frage stehenden Oxydationsvorgänge bilden, sei auf das verwiesen, was bereits früher, bei Darlegung der Functionen des Nervensystems, ausge-

---

*) Eine ausführliche, treffliche Behandlung der hier beregten Fragen findet sich im 27sten der „Chemischen Briefe" von J. v. Liebig, 3. Aufl. — Ueberhaupt finden in diesem Werke manche der im vorliegenden sowohl, als im 13. Vortrage nur kurz angedeuteten Verhältnisse eine weitere Ausführung.

sprochen wurde. *) Es ist jene Betheiligung des Nervensystems an den Vorgängen des Stoffwechsels eine leider nur zu oft vernachlässigte, und doch über allen Zweifel erhabene Thatsache. Mit seiner Leistungsfähigkeit und Energie steigt die Extensität und Intensität dieser, mit der Trägheit dieser fällt seine Schlaffheit, seine Leistungsunfähigkeit zusammen. Vermögen wir aber den Zusammenhang der Erscheinungen schon zu übersehen? Wissen wir namentlich, ob die Energie oder Leistungsunfähigkeit des Nervensystems nur dadurch auf die Vorgänge des Stoffwechsels influiren, daß sie auf Blutcirkulation, Muskelaction u. s. w. bestimmend, dort also anregend, hier erschlaffend einwirken, oder ob es die in ihm entwickelten electrischen Ströme sind, welche je nach ihrer Stärke verschiedene Alterationen der den einzelnen Geweben ebenfalls zukommenden electrischen Kräfte, und im dritten Gliede eine Beschleunigung oder Hemmung der von diesen electrischen Kräften abhängigen Stoffmetamorphosen herbeiführen? Auch hier liegt noch manche Frage ungelöst vor uns, und erkennen wir die Lückenhaftigkeit unseres physiologischen Wissens schon bei dem Verfolge der einzelnen Lebenserscheinungen, der einzelnen chemischen und physikalischen Vorgänge an und für sich, so tritt uns dieselbe nur noch um Vieles fühlbarer entgegen, sobald wir an eine Darstellung des Ineinandergreifens und der gegenseitigen Abhängigkeit dieser einzelnen Erscheinungen von einander denken.

So betrachten wir also, um es kurz zu wiederholen, den in den Athmungsorganen aus der Atmosphäre aufgenommenen Sauerstoff als das wesentlich bedingende Moment für die Metamorphose der Gewebs- und Blutbestandtheile. Es stellen sich diese Metamorphosen, chemisch betrachtet, zum großen Theil als Verbrennungsprocesse dar. Allein wir haben uns vorzustellen, daß diese Processe nicht in der Weise von Statten gehen würden, wie es der Fall ist, wenn ihnen nicht einerseits durch gewisse Bestandtheile der Nahrungsstoffe, und zwar vorzugsweise durch die Alkalien, andrerseits aber auch durch die im Organismus überhaupt, und im Nervensystem im Besondern waltenden Kräfte Vorschub geleistet, gewissermaaßen eine bestimmte Richtung gegeben würde, ein

---

*) Vgl. S. 116.

Verhältniß, dessen hohe Bedeutung für praktische Consequenzen nur zu einleuchtend ist. — Sei es überdies erwähnt, daß auch das im Blute kreisende und alle Gewebe durchtränkende Wasser in schon oben angedeuteter Weise den fraglichen Metamorphosen zu Hülfe kommt. Wir wissen mit Bestimmtheit, daß ein vermehrter Genuß desselben, wie er z. B. bei den sog. Wasserkuren Statt hat, beschleunigend auf den Stoffwechsel einwirkt (Böcker, Mosler, Genth u. A.), und müssen also schließen, daß auch seine normale Quantität auf Auflösung, Vertheilung, Metamorphose u. s. w. der einzelnen Stoffe eine Einwirkung von bestimmter Größe ausübt. Und gedenken wir endlich der chemischen Metamorphosen im engern Sinne des Wortes, der sog. katalytischen oder Gährungs-Vorgänge, Vorgänge, welche eine so bedeutende Rolle bei den ersten Umwandlungen der Nahrungsstoffe im thierischen Organismus, im Magen, Darmcanal u. s. w. spielen,*) so scheinen auch sie beim Zustandekommen der Oxydationsvorgänge in Frage zu stehen und für deren gesetzmäßigen, unwandelbaren Ablauf von Bedeutung zu sein, wiewohl wir das Wann? Wo? und Wie? ihres Eingriffs noch nicht näher zu bezeichnen vermögen.**) Man darf sich denken, daß diese Fermentationsvorgänge und ebenso vielleicht die oben erwähnten electrischen Kräfte, die Aufgabe haben, gewisse zusammengesetzte organische Verbindungen zunächst in einfachere Verbindungen zu zerspalten, bevor und damit der Sauerstoff an denselben zur beabsichtigten Wirkung kommen kann. Sie trennen, um ein recht grobes Bild zu gebrauchen, die compleren organischen Verbindungen in ähnlicher Weise und zu ähnlichem Zwecke, wie wir ein Scheit Holz spalten, bevor und damit es in den Ofen paßt und verbrannt wird, d. h. bevor der Sauerstoff an ihm zur beabsichtigten Wirkung kommt. Und wollen wir das Bild noch weiter ausdehnen, so können wir auch den oben erwähnten Alkalien ihre Rolle zuertheilen. Sie lassen sich den Zündern des Brennmateriales vergleichen; denn wie dieses sich nur bei einer gewissen Temperatur, die ihm vom Zünder mitgetheilt wird, rasch mit dem

---

*) Vgl. S. 202, 217 und 221.

**) Vgl., was S. 317 über die Metamorphosen des Zuckers gesagt wurde.

Sauerstoff der Luft verbindet (d. h. verbrennt), also gehen die organischen Verbindungen in Organismus nur mit Beihülfe der Alkalien die zweckentsprechende Verbindung mit dem Sauerstoff ein.

Wir stehen jetzt, um den Faden unserer chronologisch geordneten Betrachtung festzuhalten, auf dem Punkte, wo die Drüsensäfte und metamorphosirten Gewebsbestandtheile ins Blut zurückgekehrt sind, und die endlichen Produkte sowohl ihrer eigenen und weiteren Metamorphosen, als diejenigen der sog. Respirationsmittel das Blut in reicher Menge schwängern. Wie und wo gelangen diese endlichen Produkte nunmehr aus dem Blute hinaus? Wie sind die Organe gebaut, die für diese Ausscheidung Sorge tragen?

Das in seinen Kreisen durch den Organismus venös gewordene Blut kehrt, wie oben erwähnt, aus allen Theilen desselben zum Herzen zurück, durchsetzt dasselbe, tritt in die Respirationsorgane ein, und findet hier den ersten großen Ausweg für einige seiner Auswurfsstoffe offen. Wie also steht es zunächst um den Bau, wie um die Verrichtungen der Athmungswerkzeuge?

Auch hier ziehen wir vorläufig nur die höher entwickelten Wirbelthiere, und zwar die Säugethiere, in Betracht. Die Respirationsorgane derselben, die Lungen, werden aber in ihrem Bau gar leicht verstanden werden, wenn wir erwähnen, daß sie ganz ähnlich den zusammengesetzten Drüsen (s. S. 275) construirt sind, und in der That dürfen die Lungen als Drüsen bezeichnet werden, die sich nur dadurch von andern und ähnlichen Organen unterscheiden, daß ihr Absonderungsprodukt kein tropfbar-flüssiges, sondern ein gasförmiges ist. Die Luftröhre gleicht hier dem Ausführungsgange der oben gezeichneten Speicheldrüsen. Sie steht nach vorn in offener Communication mit der atmosphärischen Luft, und theilt sich nahe hinter dem obern Theile des Brustbeins in einen rechten und linken Ast für die rechte und linke Lunge (s. Fig. 208 b a. f. S.). Aehnlich jenem Ausführungsgange verzweigt sich jeder dieser Aeste aber, nach unten oder hinten hin,

baumförmig in immer feinere Aeste, Zweige und Reiser, um schließlich überall in trauben- oder bläschenartige blinde Erweiterungen auszulaufen (Fig. 209); und werden nun endlich all diese Aeste, Zweige, Reiser und Bläschen durch ein, zum größten Theil aus elastischen Fasern zusammengesetztes Gewebe zusammengehalten und verbunden (Fig. 210), so stellt damit jede Lunge jene mehr oder weniger dichte,

Fig. 208 b.*)

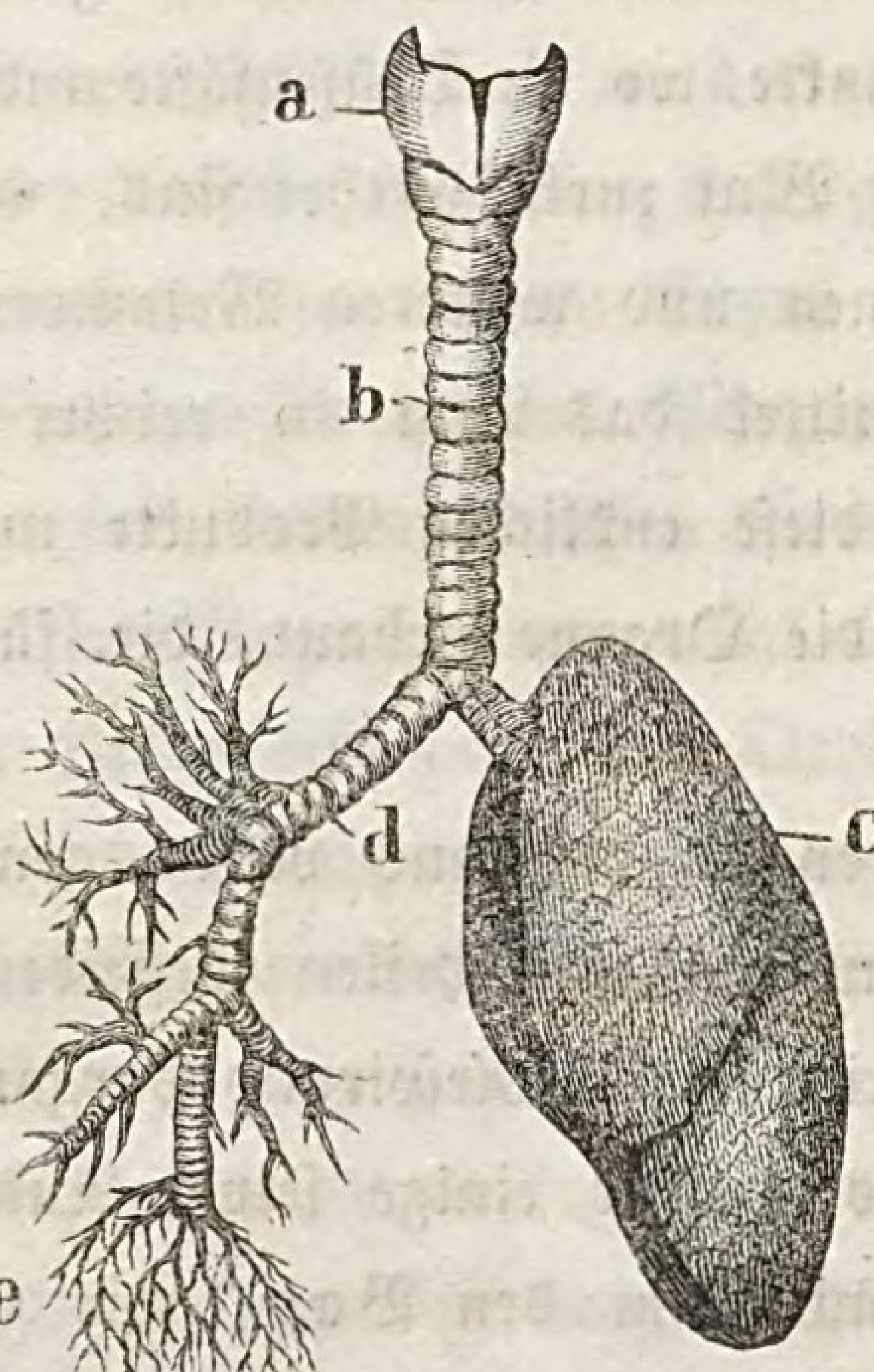


Fig. 209.**)

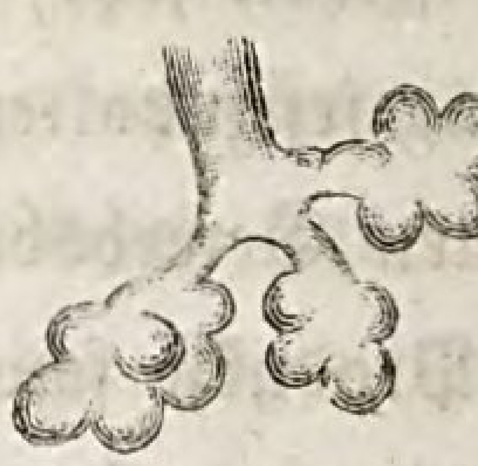
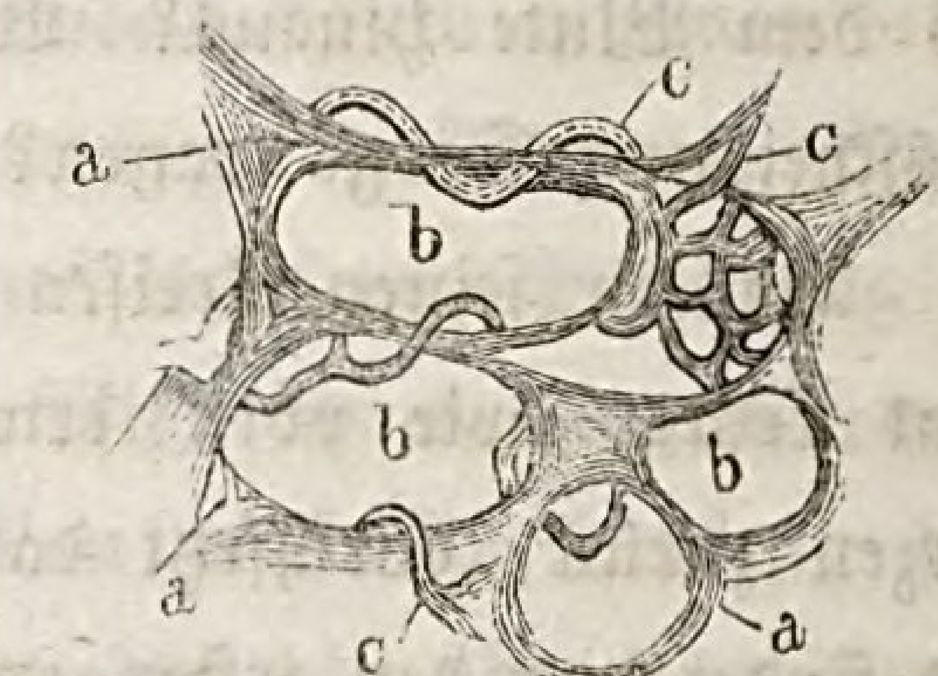


Fig. 210.***)



zusammenhängende, lufthaltige Gewebsmasse dar, als welche sie sich bekanntlich dem Auge und dem Gefühl darbietet. Die einzelnen Lungen-

*) Menschliche Lungen mit a dem Kehlkopf und b der Luftröhre. — Die linke Lunge c ist unversehrt. Von der rechten ist aber das Gewebe entfernt, um die Verzweigungen des rechten Luftröhrenastes d zu zeigen. Bei e sind die feinsten Verzweigungen gezeichnet, während übrigens nur die stärkeren Aeste und Aestchen angegeben sind. (Nach Milne-Edwards a. a. O. S. 41.)

**) Endigung eines Luftröhrenästchens der menschlichen Lunge; circa 10mal vergrößert. Schematische Darstellung.

***) Das die Lungenzellen verbindende Bindegewebe (a a a), und die sich an ihm und den Lungenzellen verzweigenden Blutgefäßchen (c c c). — b b b sind die Lücken, in denen man sich die Lungenbläschen liegend zu denken hat. Ca. 200mal vergrößert. (Nach Ecker a. a. O. Taf. X.)

bläschen sind dabei auf ihrer Innenfläche, wie die Drüsenbläschen mit Drüsenzellen, so mit platten Epithelialzellen bekleidet; außen an ihnen verbreiten sich ferner die feinsten Blutgefäße in einem dichten Netze (s. Fig. 210); und dringt nun einerseits die eingeathmete atmosphärische Luft bis in die letzten Endigungen der Luftröhrenverästelungen vor, giebt das Blut von der andern Seite Kohlensäure und Wasserdunst an die letztern ab, so tritt in ihnen selbst eine Diffusion der Gase ein, und während das Blut aus dem so entstandenen Gasgemenge für die abgegebene Kohlensäure Sauerstoff zurückerhält, nimmt die eingeathmete Luft die Kohlensäure für diesen Sauerstoff in Tausch, um dieselbe mit sich aus dem Organismus hinauszuführen, sobald sie durch den Act der Ausathmung aus den Lungen hinausgetrieben wird. —

Auf die gesetzlichen Verhältnisse und die physikalische Nothwendigkeit dieser Gasaufnahme und Gasabgabe von Seiten des Blutes an die atmosphärische Luft können wir hier nicht wohl näher eingehen. Es verhält sich damit ähnlich, wie in der Pflanze, und wir verweisen auf die in dieser Beziehung bereits früher gemachten Mittheilungen. *) In anatomischer Beziehung sei dagegen noch erwähnt, daß die Luftröhre, welche oben mit dem stimmbildenden und durch seine äußerst reizbare Kehlritze Schutz gegen das Eindringen fremder Körper darbietenden Kehlkopf verbunden ist, daß ebenso ferner die ersten und größeren Aeste derselben, durch ein unvollständiges, knorpliges Gerüst, durch knorplige, meistens nicht ganz geschlossene Ringe ihre nothwendige Festigkeit erhalten, eine Muskelschicht aber den hinteren offenen Theil dieser Ringe ausfüllt. Die ganze Röhre und deren größere Aeste sind dabei außen von einer elastisch-fibrösen, innen dagegen von einer dicken, durch Bindegewebe mit Muskelschicht und Knorpelringen verbundenen Schleimhaut bekleidet, eine Schleimhaut, deren Gewebe außerordentlich reich ist an elastischen Fasern und deren Oberfläche von einem sog. Flimmerepithelium, d. h. Flimmerzellen, die für die Fortbewegung des von den Schleimdrüschen der Schleimhaut abgesonderten Schleimes Sorge tragen sollen, bekleidet ist. Doch je feiner nach und nach die Aeste der Luftröhre werden, desto einfacher wird auch ihr Bau. Von

*) Vgl. Bd. I. S. 269.

den Knorpelringen bleiben nur noch Spuren in der Form knorpliger Plättchen, und endlich schwinden auch diese; die Muskelhaut ist nur noch durch einige Fasern kenntlich; und von der Schleimhaut findet sich zuletzt nichts, als die stark elastischen Fasern und die Epithelialzellen, die aber hier nicht mehr ein sog. Flimmer-, sondern ein Pflasterepithelium (plattgedrückte Zellen) bilden. —

So gebaut, füllen die Lungen nun, neben dem Herzen und den großen Blutgefäßen (s. Fig. 191 S. 247) die Brusthöhle ganz vollkommen aus, und, zur Verhütung schädlicher Frictionen an ihrer Oberfläche ebenso, wie die Brustwand an ihrer Innenfläche, von einer zarten, glatten, serösen Haut, dem sog. Lungenfell überzogen, bei den Säugethieren ferner durch einen starken Muskel, das sog. Zwerchfell, von den Unterleibsorganen getrennt, bedingen sie in ununterbrochenem Wechsel von Ausdehnung und Zusammenziehung jenen für das Leben des Thieres so unumgänglich nothwendigen Gasaustausch, den wir so eben flüchtig bezeichneten. — Doch wie kommen wieder diese Bewegungen, die wir als Einathmung und Ausathmung bezeichnen, zu Stande?

Wir können nicht anders, als in dem von der atmosphärischen Luft auf die Oberfläche des Organismus ausgeübten Reize die Ursache zur ersten Athmung des neugeborenen Kindes suchen. Jener Reiz verursacht eine Reflexbewegung, eine Contraction der Einathmungsmuskeln; die Contraction dieser Muskeln, und zwar des Zwerchfells, der Zwischenrippenmuskeln und Rippenheber, bedingt eine Erweiterung des Brustkorbes in allen Richtungen, und die natürliche Folge davon ist, daß die atmosphärische Luft sofort durch die Luftröhre bis in die ausdehnungsfähigen Lungenbläschen eindringt oder besser hineinstürzt, um durch Erweiterung derselben den leeren Raum auszufüllen, welcher anders durch die Erweiterung des Brustkorbs entstehen würde. Die Lunge selbst verhält sich also beim Einathmungsacte durchaus passiv. Doch die Ausdehnung des Brustkorbs und der Lungen erreicht alsbald einen höchsten Grad; es beginnen die elastischen Fasern der letztern activ zu werden; sie ziehen sich zusammen; und die Folge davon ist, daß ein Theil der in die Lungen eingedrungenen Luft wieder ausgetrieben wird. Vermöge ihrer Elasticität kehren während dieser Zeit

die Inspirations-Muskeln in ihren natürlichen Ausdehnungszustand zurück; die Action der elastischen Lungenfasern findet aber eine wesentliche Unterstützung in der Contraction der Bauchmuskeln, in dem Drucke ferner, welcher von den beim Einathmungsacte durch das Zwerchfell comprimirten Gasen im Darmcanal gegen das letztere ausgeübt wird, und zu einem Theile in der rückgängigen Bewegung der bei der Inspiration emporgehobenen Rippen, die jetzt vermöge ihrer Schwerkraft und in Folge ihrer Verbindung mit den Bauchmuskeln die frühere Stellung wieder einzunehmen streben, Umstände, welche sämmtlich auf die Verengerung der Brusthöhle und die Austreibung der Luft aus den Lungen hinwirken. Und was setzt nach vollendeter Exspiration die Inspirationsmuskeln, oder vielmehr deren Nerven, von Neuem in Thätigkeit? — Man bezeichnet die Athembewegung als eine automatische, von gewissen Ganglienzellen des verlängerten Markes aus erregte.*) Allein es ist damit sehr wenig erklärt, und nach dem, was wir früher bereits über diesen Gegenstand bemerkten, müssen wir auch hier die Frage als eine durchaus offene bezeichnen. Wir wissen nur, daß das wechselnde Spiel der Ein- und Ausathmung, einmal angeregt, vom ersten Erwachen des selbständigen Lebens an, bis zum letzten Augenblick desselben hin fortdauert; was aber in jeder Minute bei dem neugeborenen Kinde mehr als 40, bei dem Jüngling 20, und bei dem Erwachsenen 12—16 Mal die Inspirationsmuskeln zur Contraction anregt, läßt sich noch nicht mit Sicherheit bestimmen.

Bei der Einathmung werden die Lungen nun allerdings durch Luft ebensowohl ausgedehnt, als sie bei der Ausathmung Luft austreiben. Es ist dabei jedoch zu bemerken, daß nach Vierordt's u. A. Untersuchungen bei jeder gewöhnlichen Exspiration nur $1/5$—$1/4$ der in den Lungen überhaupt enthaltenen Luft ausgeathmet, und bei der Einathmung ebenfalls nur $1/5$—$1/4$ derjenigen Luftmenge aufgenommen wird, welche die Lungen überhaupt zu fassen im Stande sind. In Folge dieses Verhältnisses kommt die frisch eingeathmete Luft nie unmittelbar mit den Lungenzellen und den sich an ihnen verzweigenden Blutgefäßen in Berührung; es tritt vielmehr innerhalb der Luftwege selbst ein Gas-

---

*) Vgl. S. 108 u. 109.

austausch ein; Sauerstoff vertritt die Stelle der vom Blute abgeschiedenen Kohlensäure; der Austausch der Gase dringt bis in die letzten Endigungen der Luftwege vor, und so erst gelangt der Sauerstoff zum Blute. — In Folge desselben Verhältnisses hat man auch zwischen der beim gewöhnlichen, und der beim angestrengten Athmen ausgeathmeten Luftmenge zu unterscheiden. Durch besondere Instrumente, die sog. Spirometer, sind wir in den Stand gesetzt, diese Mengen leicht zu bestimmen. Bei gewöhnlicher, ruhiger Respiration eines erwachsenen Mannes beläuft sich nach Vierordt die Menge der bei jeder Exspiration ausgeathmeten Luft auf 507 Cubik-Centimeter, in 24 Stunden also etwa auf 10,280,900 C.-C.; bei möglichst angestrengter und anhaltender Exspiration athmet dagegen ein Mann von etwa 5 Fuß Höhe nach Hutchinson 2214 C.-C., ein Mann von 6 Fuß Höhe und darüber 4000—4500 C.-C. Luft aus. Doch diese Verhältnisse wechseln mannigfach je nach der Muskelkraft des Individuums, je nach seinem Allgemeinbefinden und insonderheit je nach dem Gesundheitszustande der Lunge. Eine nur zum Theil für die Luft wegsame Lunge wird selbstverständlich niemals eine so große Luftmenge in sich aufnehmen können, als eine gesunde, und daß man diese Luftmengen durch die Spirometer zu bestimmen vermag, verleiht der Anwendung derselben behuf richtiger Diagnose der Lungenkrankheiten einen nicht unbedeutenden praktischen Werth.

Wichtiger noch für uns, als diese Verhältnisse, sind jedoch die Verschiedenheiten, welche die ein- und ausgeathmete Luft in physikalischer sowohl als chemischer Beziehung darbieten. Die zu inspirirende Luft zeigt in ihrer Zusammensetzung constante Verhältnisse, deren bereits früher Erwähnung geschah.*) 100 Vol. trockner Luft enthalten 20,9—21,2 Vol. Sauerstoff und 79 Vol. Stickstoff; der Kohlensäuregehalt beläuft sich auf etwa 0,0004 Vol. und nimmt nur in eng geschlossenen Räumen u. s. w. zu; ebenfalls wechselnd ist der Wassergehalt der Atmosphäre. Die exspirirte Luft bietet dagegen folgende wesentliche Eigenschaften dar: Sie besitzt zunächst eine ziemlich constante, hohe Temperatur und ist mit Wasserdampf gesättigt. Dieser Wassergehalt,

*) S. Bd. I. S. 204.

wechselt mit der Tiefe der Athemzüge, und beläuft sich im Mittel in 24 Stunden etwa auf 400—500 Grm., also nahezu auf 1 Pfund. Vorzugsweise ausgezeichnet ist aber die Exspirationsluft durch ihren Gehalt an Kohlensäure. Diese aus dem Blute herstammende Kohlensäure ist an die Stelle eines gleichen Volums Sauerstoff der eingeathmeten Luft getreten, und zwar beträgt ihre Menge beim gewöhnlichen Athmen etwa 4,3 Proc., so daß die ausgeathmete Luft statt 20,9—21,2, nur 16,03 Proc. Sauerstoff, und neben diesen die bezeichneten 4,3 Proc. Kohlensäure enthält. *) Der Stickstoffgehalt der eingeathmeten Luft wird meistens in gleicher Menge von den Lungen zurückgegeben. Unter Umständen wird jedoch wahrscheinlich auch Stickstoff, der aus stickstoffhaltigen Nahrungsmitteln herstammt, in den Lungen ausgehaucht,**) während andrerseits auch kleine Mengen von Stickstoff aus der atmosphärischen Luft zu bis dahin unbekannten Zwecken in das Blut aufgenommen werden. ***)

Die quantitativen Verhältnisse betreffend, so beträgt die Gesammtmenge der in 24 Stunden vom Erwachsenen ausgeathmeten Kohlensäure etwa 867 Grm. (Scharling), wogegen 746 Grm. Sauerstoff aufgenommen werden. Allein auch diese Verhältnisse sind je nach Lebensart, Nahrungsmitteln, körperlicher Anstrengung, Tageszeit u. s. w. äußerst verschieden, und die Kenntniß eben dieser Differenzen besitzt nicht nicht nur ein hohes physiologisches, sondern auch ein bedeutendes praktisches Interesse. — Nur Einiges davon. — Im Allgemeinen steigt zunächst die Menge der exspirirten Kohlensäure, entsprechend dem nach und nach abnehmenden Körperwachsthum, von der Geburt an bis zu einem gewissen Alter. Das Maximum fällt etwa auf das dreißigste Lebensjahr. Kräftige, muskelstarke Individuen exhaliren aber, in Folge ihres überhaupt regeren Stoffwechsels, immer mehr Kohlensäure, als schwächliche und magere; Frauen weniger, als Männer. — Beträchtlich variirt ferner die Menge der Kohlensäure je nach der Tiefe und

---

*) Nach neuern Untersuchungen von Dr. Becher ist der Procentgehalt der ausgeathmeten Luft an Kohlensäure höher, und zwar beläuft er sich im Mittel während des Tages auf etwa 6,5 Proc.

**) S. unten.

***) Vgl. S. 264.

Häufigkeit der Athemzüge. Bei normaler Frequenz der letztern (zwölf in der Minute) exhalirte Vierordt in einer Minute 246 C.-C. Kohlensäure, bei halb so großer Frequenz 171 C.-C., bei der doppelten Frequenz 396 C.-C., bei der vierfachen 696 C.-C., bei der achtfachen 1296 C.-C.; und wenn derselbe um dieses Gebiet der Forschung hochverdiente Physiolog nachwies, daß bei stoßweiser, absetzender Exspiration die aus den untern Theilen der Luftwege herstammende Luft weit kohlensäurehaltiger sei, als die aus den obern Theilen derselben, so ist damit der wesentlichste Beweis für die oben erwähnte Diffusion der Gase in den Luftwegen geliefert. — Von überaus bedeutsamem Einfluß ist ferner die Nahrungsaufnahme. Kurze Zeit (2—3 Stunden nach letzterer) ist der Kohlensäuregehalt der Exspirationsluft allemal vermehrt. Auch vermehrte Pulsfrequenz (beschleunigte Blutbewegung) und erhöhte Körpertemperatur sind stets mit vermehrter Kohlensäureexspiration verbunden, und bringen wir all diese einzelnen Momente in Rechnung, so ergiebt sich leicht die Erklärung der Curve, die die aufgezeichneten Schwankungen der Kohlensäureexhalation im Laufe des Tages bilden. Diese Curve ist aber nach den neuern, trefflichen Untersuchungen von Becher*) folgende: Die Kohlensäureausgabe ist Morgens, unmittelbar nach dem Erwachen ziemlich bedeutend. Es ist dies ohne Frage eine Folge der während des Schlafes geringeren Frequenz des Athmens, die zu einer Anhäufung von Kohlensäure im Organismus Veranlassung gab. Bis 10 Uhr pflegt die Kohlensäuremenge sodann, falls kein Frühstück genossen wird, allmählig abzunehmen. Gegen die Mittagszeit beginnt sie aber wieder zu steigen, und findet jetzt eine Nahrungsaufnahme Statt, so steigt unmittelbar nach dem Beginne der Verdauung, gleichzeitig mit der zunehmenden und größten Athemfrequenz, die Kohlensäureexhalation beträchtlich, um ungefähr 2—2½ Stunden nach der Mahlzeit ihr Maximum zu erreichen, und allmählig wieder zu sinken. Wird dagegen gefastet, so erreicht die um Mittag stattfindende Steigerung eine ungleich geringere Höhe, eine Höhe, welche proportional geht mit der Vermehrung der Pulsfrequenz und Körpertem-

*) Henle und Pfeuffer's Zeitschrift für rationelle Medicin. Neue Folge. 6. Bd. 3. Hft. 1855.

peratur, die unabhängig von der Verdauung zur Mittagszeit beobachtet werden. Treffend macht Becher dabei darauf aufmerksam, daß die nach den Mahlzeiten zu beobachtende gesteigerte Athemfrequenz nicht sowohl durch die vermehrte Kohlensäurespannung im Blute, als vielmehr durch die mit der Verdauung beginnende Steigerung des Sauerstoffbedürfnisses veranlaßt sei, ein Bedürfniß, welches einem Jeden durch die oftmaligen und unwillkürlichen tiefen Inspirationen insonderheit nach reichlichen Mahlzeiten aus der Praxis bekannt sein wird. — In Betreff einzelner Nahrungsmittel sei noch erwähnt, daß die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure nach dem Genusse vegetabilischer Kost, und namentlich der zucker- und stärkemehlhaltigen Nahrungsmittel zu-, bei Fleischkost dagegen abnimmt. Nach dem Genusse von Spirituosen vermindert sich dagegen die Kohlensäureausgabe auffallender Weise, und nicht minder kennen wir in dem Caffee und Thee, insonderheit aber in dem ersteren, Getränke, welche die Kohlensäureexhalation beschränken. — Aber auch die Beschaffenheit der uns umgebenden Atmosphäre ist von größtem Einfluß auf die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure. Eine Erhöhung der Temperatur der äußern Luft um 10—11° C. vermindert nach Vierordt die Respirationsfrequenz um 4,9 %, das Volumen der einmaligen Exspiration um 5,2 %, die in einer Minute ausgeathmete Luft um 10,9 %, die in einer Minute exhalirte Kohlensäure um 14,9 %. Ist es darnach auffallend, daß in heißen Climaten insonderheit oft Krankheiten der Leber vorkommen, als desjenigen Organes, welches für die Verwendung oder Ausscheidung des nicht zu Kohlensäure oxydirten, und also auch in den Athmungswerkzeugen nicht exhalirten Kohlenstoffs der Nahrungsmittel Sorge zu tragen hat, und bei längerer Andauer der beschränkten Kohlensäureexhalation die ihm auferlegte, unnatürliche Last nicht zu bezwingen vermag? — Weniger bedeutend ist der Einfluß des Luftdruckes. Freilich sind Athemfrequenz und Pulsschläge bei hohem Barometerstande etwas vermehrt und es wird in Folge davon der Gasaustausch in den Lungen reger. Allein die in vermehrter Menge ausgeathmete Luft enthält nur sehr unbedeutend mehr Kohlensäure, als die bei niederm Barometerstande exspirirte, und nur in dem Falle rascher Schwankungen des Luftdruckes zeigt sich neben der vermehrten Athemfrequenz auch die

Kohlensäureausgabe beträchtlich vermehrt (Vierordt, Lehmann). Von größerer Bedeutung ist wieder der Feuchtigkeitsgrad der Luft. Insonderheit Lehmann verdanken wir den Nachweis, daß in feuchter Luft nicht nur tiefer und rascher respirirt wird, sondern auch die Kohlensäureausgabe beträchtlich zunimmt, eine Erfahrung, von der z. B. bei Erklärung der Wirkung der Seeluft Anwendung gemacht werden zu müssen scheint, und welche gleichzeitig das gesteigerte Nahrungsbedürfniß in feuchten Klimaten erklärt. Sei es endlich erwähnt, daß nach Allen und Pepys die Fortsetzung der Respiration unmöglich wird, wenn die zu inspirirende Luft 10 Vol. Kohlensäure (Proc.) oder mehr enthält, ein Verhältniß, von dessen verhängnißvollem Eintritt in eng geschlossenen Räumen, Schiffsräumen, Kerkern u. s. w. oder in geheizten Zimmern, in denen nicht für gehörigen Luftwechsel gesorgt ist, die traurigsten Beispiele vorliegen. Zur Unterhaltung einer normalen Respiration ist in Wohn- und Schlafzimmern die stete Erneuerung der einzuathmenden Luft durch gute Ventilationsapparate erforderlich.

All dieser Einzelnheiten haben wir hier ihres hohen praktischen Interesses halber etwas ausführlicher erwähnt. Wie oft stellt sich uns die Aufgabe, das nur zu leicht gestörte Gleichgewicht zwischen Einnahmen und Ausgaben des Organismus dadurch herzustellen, daß die letztern, und unter ihnen die in Frage stehende Kohlensäureexcretion, vermehrt werden! Wie manche Leiden beruhen auf einer zu großen Anhäufung von Kohlensäure im Organismus oder sind mit zu geringer Ausgabe derselben, vielleicht selbst in Folge eines Lungenleidens, complicirt! Wie oftmals ist der wesentliche Grund eines anhaltenden Müdigkeitsgefühls, allgemeiner Erschlaffung, mangelhafter Thatkraft in eben diesen Verhältnissen zu suchen! Aber die trefflichen Arbeiten der oben genannten Forscher lehren uns leicht, wohin wir zu greifen haben, um die retardirte Kohlensäureexcretion zu beschleunigen, um die schädlichen Folgen eines etwaigen mechanischen Hindernisses für diese Excretion abzuschwächen und zu verhindern, und eine richtige Auffassung der einzelnen Thatsachen giebt nicht nur dem Spaziergänger, wie dem Turner, dem Freunde der Seeluft, wie dem der kälteren Jahreszeit, eine theilweise Erklärung der Nutzwirkung seines Thuns und des Grundes seiner Neigung an die Hand, sie weist auch auf die dringende Noth-

wendigkeit je nach Individualität und Klima verschiedener Modificationen diätetischer Maaßnahmen in klarer und unzweideutiger Weise hin, und mahnt uns damit an deren leider! noch so vielfach vernachlässigte wissenschaftliche Begründung und Feststellung.

So findet also im höher entwickelten thierischen Organismus die aus den Metamorphosen der Nahrungsstoffe hervorgehende Kohlensäure, und mit ihr ein Theil des eingeführten oder ebenfalls im Organismus gebildeten Wassers, ihren Ausweg in den Lungen. Sie mischt sich jetzt der Atmosphäre bei, um alsbald von den Pflanzen aufgenommen zu werden, und ihren Kohlenstoffgehalt wieder zur Herstellung organischer Verbindungen und thierischer Nahrungsstoffe herzugeben. Und kaum zur Bildung dieser verwandt, wird der Kohlenstoff mit und in ihnen schon wieder vom thierischen Organismus aufgenommen; abermals bildet er mit dem inspirirten Sauerstoff Kohlensäure; abermals wird die Kohlensäure ausgeschieden; — es ruhet der Kreislauf des Stoffes nicht, jener Kreislauf, der das Bestehen unserer Thier- und Pflanzenwelt ermöglicht, selbst aber auch nur durch den Bestand dieser Welt ermöglicht wird. — Und wie die höher entwickelten thierischen Organismen, so auch die niedern. Sie alle nehmen, mit wenigen Ausnahmen, Sauerstoff auf und hauchen Kohlensäure aus. Ja es läßt sich vielleicht bald die Kohlensäureexhalation als eine für die ganze Thierwelt charakteristische Eigenschaft bezeichnen, denn mehr und mehr gelangt man zu der Ueberzeugung, daß diejenigen Fälle, in denen bisher eine Ausnahme statuirt wurde, Lebensformen betreffen, die gar nicht dem Thierreich, sondern dem Pflanzenreich zugezählt werden müssen. Und sollten nicht, wenn dem so ist, dieselben Verhältnisse der Kohlensäureexhalation, die wir so eben für den höher entwickelten thierischen Organismus andeuteten, auch für alle niedern Geltung haben? Auch in dieser Beziehung werden unsere Vermuthungen bereits durch einige sichere Thatsachen gestützt. So wissen wir, daß Thiere im Winterschlaf ausnehmend wenig Kohlensäure exhaliren, rasche Bewegung dagegen und große Regsamkeit, wie bei vielen Säugethieren, Vögeln, fliegenden Insekten u. s. w., stets auch mit quantitativ bedeutender Kohlensäureabgabe verbunden sind. Bei manchen kleinern Vögeln sind nach Regnault und Reiset die Oxydationsprocesse und also auch die

Kohlensäurebildung selbst so intensiv, daß das Gewicht des von ihnen binnen 4 Tagen aufgenommenen Sauerstoffs dem Gewichte des ganzen Thieres gleichkommt, und manche geflügelte Insekten stehen den Vögeln in dieser Beziehung wenig nach! Doch es sind diese Verhältnisse erst für eine kleine Reihe von Thieren festgestellt, und, wiewohl wir uns von ihrem Verfolge die interessantesten Aufschlüsse über die verschiedene Intensität des Lebensprocesses verschiedener Thiere versprechen dürfen, zu allgemeinern Schlußsätzen sind wir bis dahin noch nicht berechtigt. — Und noch eine zweite, schwierige Frage drängt sich uns auf. Wir deuteten oben die Reihe von Metamorphosen an, welche die Nahrungsstoffe im höher entwickelten thierischen Organismus zu durchlaufen haben, bevor sie zu der Stufe der Kohlensäure- und Wasserbildung hingelangen. Durchlaufen nun aber die Nahrungsstoffe in verschiedenen thierischen Organismen überall dieselben Reihen der Metamorphosen, oder gelangen sie vielmehr in verschiedener, hier in dieser, dort in jener Weise bis zur Kohlensäurebildung hin? — Leider können wir es uns nicht verhehlen, daß unsere Kenntniß in Betreff des Ablaufs der Stoffmetamorphosen im niedern thierischen Organismus zur Zeit noch weit unbedeutender ist, als die desselben Ablaufs im Säugethiere oder Menschen; eine bestimmte Antwort auf die gestellte Frage ist zur Zeit eine Unmöglichkeit. Die verschiedenen von verschiedenen Thieren gelieferten Nutzstoffe, die verschiedene Beschaffenheit ferner dieser und jener Gewebe und Gewebsbestandtheile weisen uns nur auf die Wahrscheinlichkeit gewisser qualitativer und quantitativer Verschiedenheiten des Stoffwechsels hin. Anders, so schließen wir mit Recht, muß der Ablauf der Stoffmetamorphosen sein in Thieren, die einen Mantel aus Cellulose oder ein Hautskelett aus sog. Chitin tragen, verschieden in denen, die ein leimgebendes Knochenskelett besitzen; anders in Thieren, die Wachs produciren, anders in denen, die Farbstoffe aller Art, verschieden in denen, die reiche Mengen von Thran, verschieden in denen, die vorzugsweise Muskelgewebe, d. h. Fleisch liefern. Aber dennoch, so mannigfach die Resultate, es sind die Verschiedenheiten im Ablauf der Stoffmetamorphosen und deren ursächlichen Momenten vielleicht geringer, als wir zur Zeit ahnen. Wie in dem Aufbau des gesammten Thierreichs und insonderheit in der allmähligen, stufenweisen Entwicklung und Ver-

vollkommnung einzelner Organe durch die ganze Thierreihe hindurch, und trotz der Verschiedenartigkeit der einzelnen Bildungstypen, ein bestimmter, gesetzmäßiger Plan nicht wohl verkannt werden kann, also werden sich vielleicht gewisse durchgreifende und gleiche Gesetze, wie für die chemische Zusammensetzung gleichartiger oder ähnlicher Formbestandtheile der verschiedenen Thierspecies, so für den Ablauf der Stoffmetamorphosen innerhalb derselben auffinden lassen, und, entsprechend dem einfachsten und zusammengesetztesten Bau der Thierformen, wird es sich später möglicherweise nur um die Darstellung einfachster und complicirtester Reihen von Stoffmetamorphosen in denselben, weniger aber um die totaler Verschiedenheiten der letzteren handeln. Die quantitative und qualitative Untersuchung der Nahrungsmittel der verschiedenen Thierformen, zusammengehalten mit der gleichen Untersuchung der Ausgaben derselben, so wie der Bestandtheile der Körpermasse, der Gewebe selbst, wird uns in dieser Beziehung Aufklärung verschaffen und ob auch ein Jahrhundert vergehen mag, ehe wir uns einer selbst nur theilweisen Lösung dieser schwierigen Aufgaben, der Aufgaben einer allgemeinen vergleichenden physiologischen Chemie, zu erfreuen haben werden, daß die Naturforschung in ihrem Verfolge eins ihrer wesentlichsten Ziele im Auge behalten muß, kann nicht zweifelhaft sein, und dankbar werden künftige Generationen des Zeitalters gedenken, in welchem, wie in dem gegenwärtigen, die ersten Bausteine zu jenem großen Werke gefertigt und gesammelt werden.

Wir bezeichneten die Kohlensäureexhalation so eben als eine fast ganz allgemeine und charakteristische Function der Thierwelt. Die Sauerstoffinhalation bildet ihr entsprechend eine gleiche allgemeine Eigenschaft derselben. Ist sie doch eben das Bedingende für die Bildung der Kohlensäure im thierischen Organismus! Keineswegs werden nun aber diese In- und Exhalationen überall durch gleiche Organe, wie wir sie oben bezeichnet haben, durch Lungen, bewerkstelligt. Je nach allgemeinem Körperbau, nach Intensität des Lebensprocesses, nach Lebensart und Aufenthaltsort u. s. w., sind die respiratorischen Apparate vielmehr sehr verschieden gestaltet, und wissen wir, daß manche niedere Thierformen ganz und gar besonderer derartiger Apparate ermangeln, daß ihnen die äußere Körperhülle zugleich als Respirationsorgan

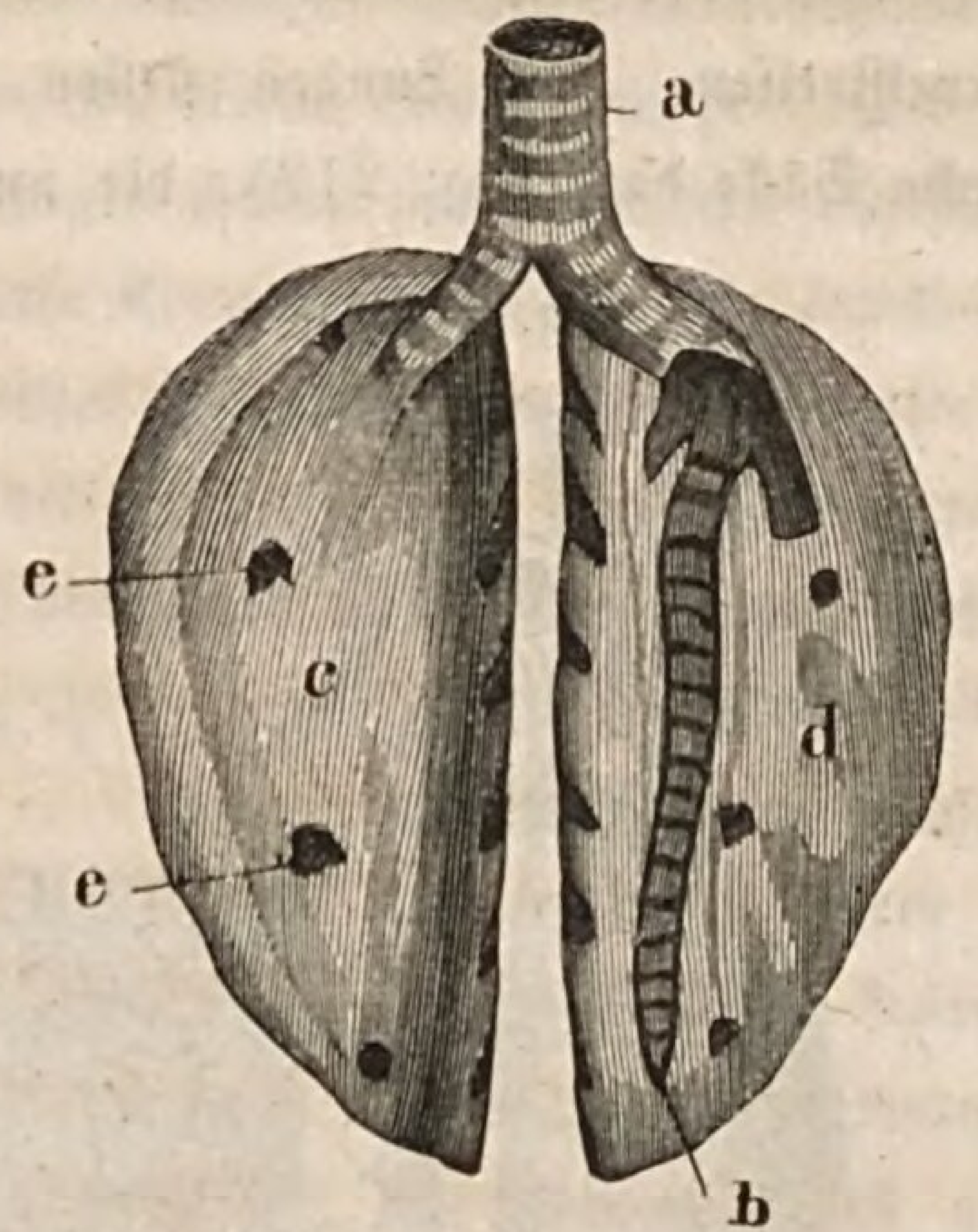
dient, so ist es auch bekannt, daß sich andere Respirationsorgane bei den luftathmenden Wirbelthieren, andre bei den im Wasser lebenden, andere bei den luftathmenden Insekten, andere bei den im Wasser lebenden Wirbellosen finden. Worin bestehen, um es in Kürze anzudeuten, diese Differenzen?

Im Allgemeinen zeigt sich zunächst eine wesentliche Verschiedenheit, je nachdem das Thier in der Luft oder im Wasser zu leben und zu athmen bestimmt ist. Dort sollte die sauerstoffreiche Luft mit dem Blute des Thieres in Contact kommen, hier das sauerstoffhaltige Wasser die Blutgefäße umspülen; dort mußte für die Fortschaffung der mit Kohlensäure geschwängerten Exspirationsluft, hier für die des ebenfalls mit Kohlensäure geschwängerten und seines Sauerstoffs zum Theil beraubten Wassers gesorgt werden. Die allgemeine Organisation des Thieres machte dabei gleichzeitig eine allgemeine Verschiedenheit erforderlich. Andere Einrichtungen waren nothwendig bei den größeren Wirbelthieren, andere bei den zum größten Theil zartgebauten Wirbellosen. Eine vierfache Verschiedenheit im allgemeinen Bau der Respirationsorgane findet sich darnach schon von selbst in der Verschiedenartigkeit der allgemeinen Bau- und Lebensverhältnisse begründet, und daß eine solche in der That existirt, bedarf hier nur der kürzesten Andeutung. Bei den luftathmenden Wirbelthieren begegnen wir überall den Lungen, bei den wasserathmenden den sog. Kiemen; bei den wasserathmenden Wirbellosen wieder finden sich neben Kiemen besondere Wassergefäße, und bei den luftathmenden Wirbellosen sind die Lungen durch sog. Luftgefäße, Luftröhren oder Tracheen, die den Organismus des Thieres durchziehen, vertreten. — Aber auch Lungen, Kiemen, Tracheen und Wassergefäße sind nicht überall gleich gebaut. Wie die allgemeinen, so erforderten auch die individuellen Bau- und Lebensverhältnisse des Thieres mannigfache Modificationen. Entwerfen wir uns auch davon noch ein flüchtiges Bild.

Die Lungen der Säugethiere gleichen durchaus den oben näher beschriebenen Lungen des Menschen; sie bieten, wie diese, das Bild einer traubenförmigen Drüse dar. Anders dagegen mit den Lungen der Vögel. Die oft beträchtlich lange und selbst gewundene Luftröhre verzweigt sich bei ihnen nicht baumförmig in immer feinere und feinere

Aeste und Zweige (Fig. 211), sie theilt sich vielmehr nur in eine An-

Fig. 211.*)

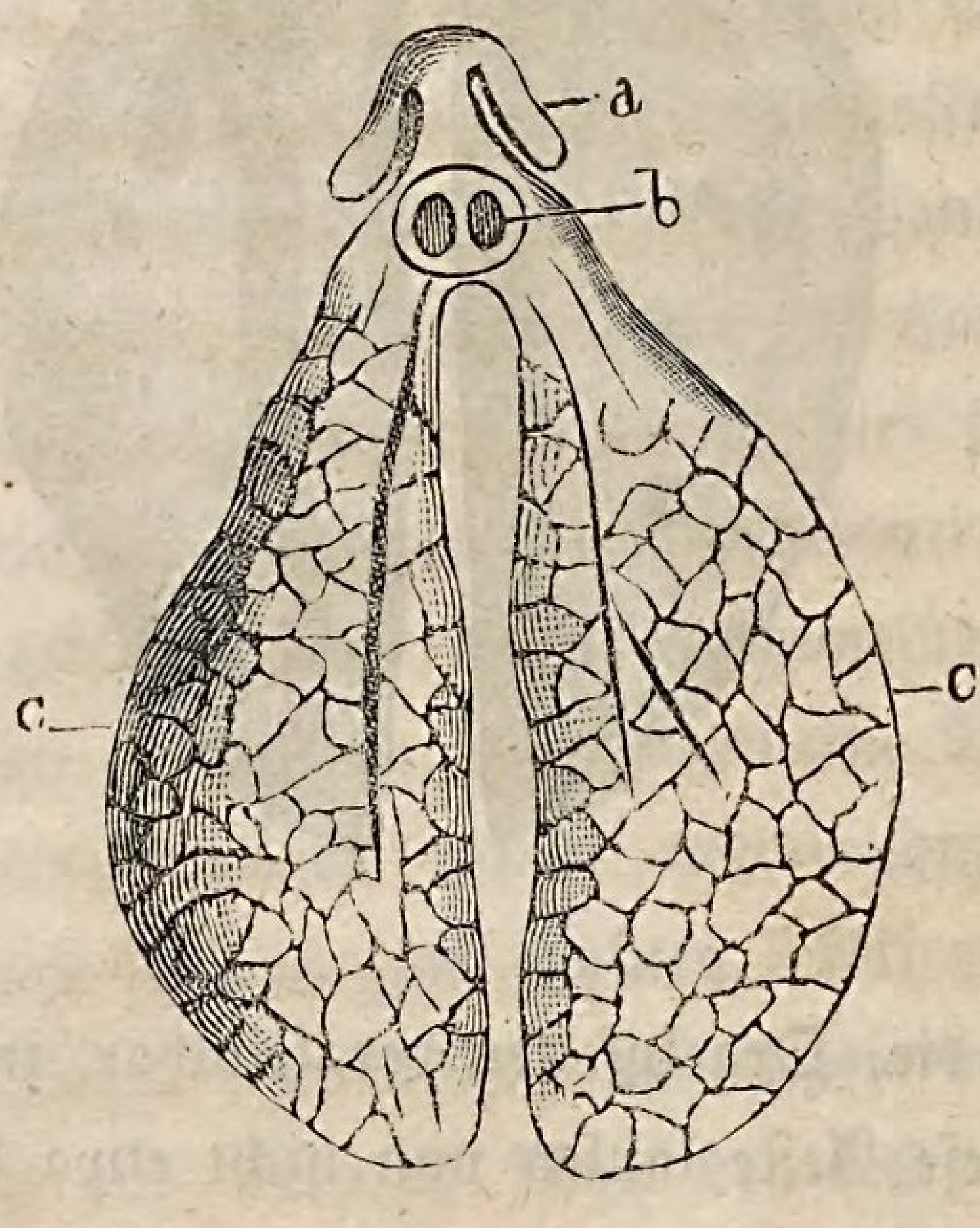


zahl größerer Aeste, die, Orgelpfeifen vergleichbar, in den Lungen angeordnet sind, und diese Aeste laufen nun nicht etwa in endständige Lungenbläschen aus, sie stehen vielmehr durch zahllose kleine Luftcanäle in offener Communication, und diesen Luftcanälen erst sitzen die eigentlichen Lungenbläschen, in denen der Gasaustausch erfolgt, auf. Es findet dabei ferner die Eigenthümlichkeit Statt, daß die Lungen auf ihrer Oberfläche Oeffnungen oder Löcher besitzen, aus welchen die Luft in viele Theile des Körpers vordringt, in die Knochen, zwischen die Muskeln, in die Unterleibshöhle u. s. w. (s. Fig. 211 e), und wurde mit dieser Einrichtung einerseits sonder Zweifel auf eine möglichst große Leichtigkeit des Vogelkörpers hingezielt, so mag, wie Bergmann bemerkt, die im Körper angesammelte Luft andrerseits auch als schlechter Wärmeleiter die Stelle des Fettes anderer Thiere vertreten. — Auch die Amphibien athmen durch Lungen. Es sind dieselben hier aber,

*) Vogel-Lunge. a Luftröhre. b Ein aufgeschlitzter Luftröhrenast der linken Lunge d, in dem die Oeffnungen der einmündenden kleinern Canäle sichtbar sind. c Rechte Lunge. ee Oeffnungen der Luftröhrenäste an der Oberfläche der Lunge. (Nach Milne-Edwards a. a. O. S. 274.)

bei verhältnißmäßig bedeutender Größe, weit einfacher gebaut, als bei Säugethieren und Vögeln. Den nackten Amphibien fehlt selbst der Kehlkopf, und ihre Luftröhre besitzt nicht mehr Knorpelringe, sondern nur einzelne Knorpelstreifen. Die Lungen stellen aber überall mehr oder weniger einfache Säcke dar (Fig. 212), die auf ihrer Innenfläche

Fig. 212.*)



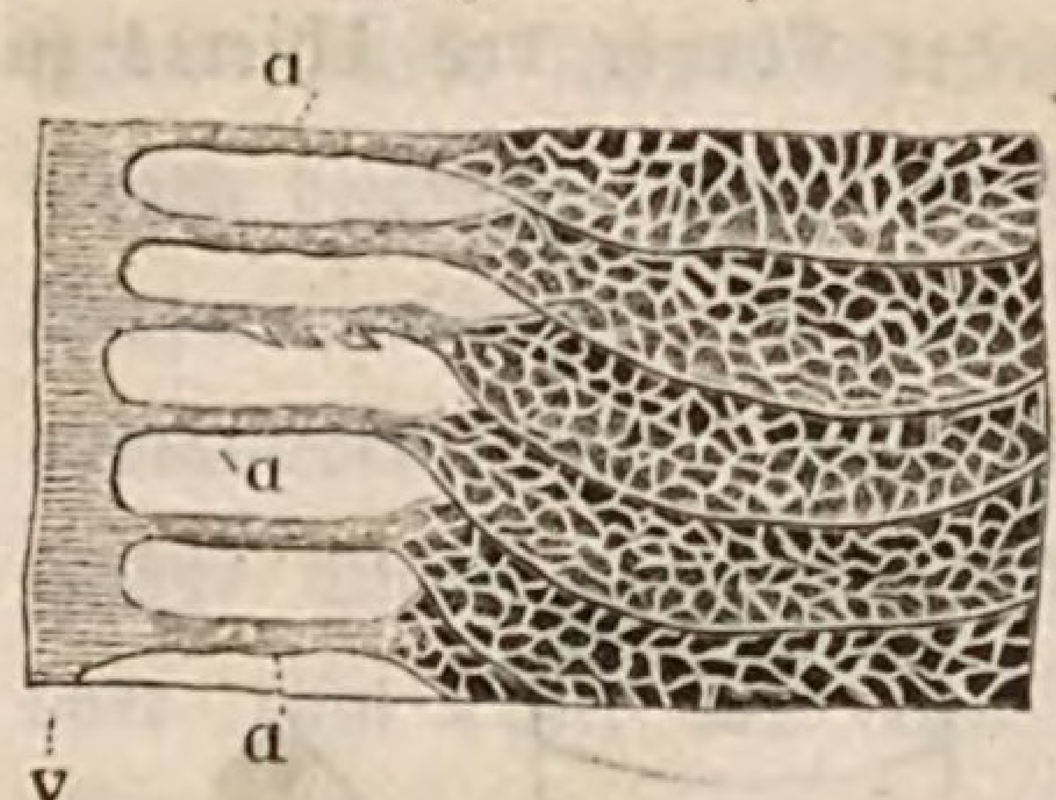
bald mehr, bald weniger vorspringende Falten besitzen, Falten, die vermöge ihres Zusammenstoßes und ihrer Verbindung zellige, gegen die Lungenhöhle hin offene Räume einschließen. Zufolge dieser Einrichtungen vermögen die Amphibien zur Zeit große Mengen von Luft in ihren Lungen zu beherbergen, und die Möglichkeit ihres längern Verweilens unter Wasser, so wie ihr überhaupt geringeres Respirationsbedürfniß findet damit seine Erklärung. Sei es jedoch beiläufig erwähnt, daß die nur im Wasser lebenden Larven der froschartigen Amphibien neben den Lungen auch Kiemen besitzen, die dann mit der weitern Entwicklung des Thieres entweder verschwinden, so daß nur die Lungen übrig bleiben, oder auch für die übrige Zeit des Lebens constant er=

---

*) Lungen des Frosches. a Zungenbein. b Knorpelringe an der Wurzel der Lunge. c Lungensäcke, mit Andeutung der Gefäßverzweigungen. (Nach Flourens, Mémoires d'Anatomie et de Physiologie comparée.) —

halten werden. Das erstere Verhältniß findet sich u. A. bei unsern Fröschen, das letztere bei den sog. Fischmolchen, z. B. dem Proteus, und dem in den mexicanischen Gewässern lebenden Axolotl. — Bei den Fischen finden sich keine Lungen mehr. Sie athmen durch Kiemen, die nur in einigen Fällen mit besondern Luftsäcken in Verbindung stehen. Es sind diese Kiemen büschel-, blatt-, kamm- oder faltenförmige Gebilde, die in einer Höhlung unmittelbar hinter dem Kopfe liegen und an denen sich die Blutgefäße in feinsten Verzweigungen verbreiten (Fig. 213). Das durch den Mund des Thieres aufgenommene Wasser tritt nun durch die innern, spaltenförmigen Kiemenöffnungen des Schlundes, die vermöge ihrer besondern Gestalt das Eindringen fremder Körper verhindern, in die Kiemenhöhle ein, bespült die Kiemen selbst und deren Blutgefäße, der Gasaustausch findet Statt, und durch die bekannten sog. äußern Kiemenspalten, denen in der Mehrzahl der Fälle ein Kiemendeckel aufliegt, fließt das mit Kohlensäure geschwängerte Wasser wieder ab. Es wird durch die letztere Einrichtung den Thieren der Kraftaufwand erspart, welcher erforderlich sein würde, wenn sie das aufgenommene Wasser eben so wieder nach vorn ausstoßen müßten, wie die Lungenathmer die eingeathmete Luft wieder ausathmen, und wie wesentlich nothwendig solche Kraftersparniß für die Bewegungsgeschwindigkeit der Fische ist, ist leicht verständlich. — Unter den Gliederthieren athmen die Kruster, mit Ausnahme der Landasseln, durch Kiemen, deren Form und Sitz hier aber die größten Verschiedenheiten darbietet. Meistens finden sie sich an der Bauch- oder Rückenfläche des Thieres angebracht, oft aber auch an den Füßen u. s. w.

Fig. 213.*)



*) Ein Stück der Oberfläche eines Kiemenblattes der Forelle mit sechs Kiemenfalten, 90mal vergrößert. — Man erblickt auf demselben das Gefäßnetz, dessen Maschen außerordentlich eng sind. Aus demselben entspringen die Venenwurzeln a a a, welche in die Kiemenvene v einmünden. (Nach Ecker, a. a. O. Taf. X. Fig. 14.)

Die Insekten und Spinnen athmen dagegen durch die sog. Tracheen, cylindrische Röhren, welche sich in verschiedenartiger, meist baumförmiger Verzweigung in alle Theile des Körpers hineinverbreiten und durch besondere Oeffnungen (stigmata) an der Seitenfläche des Körpers, die vermöge ihrer Form und gewimperten Ränder wieder das Eindringen fremder Körper verhüten, mit der äußern atmosphärischen Luft in Communication stehen (s. Fig. 214). Es bestehen diese Röhren aus einer äußern zellgewebigen und einer innern (Chitin-) Membran, und zwischen beiden diesen Membranen verläuft ein elastischer (ebenfalls aus Chitin bestehender) Spiralfaden, der die Membran selbst ausgedehnt erhält (Fig. 215). Zieht sich nun der Körper des Thieres zu-

Fig. 214.*)

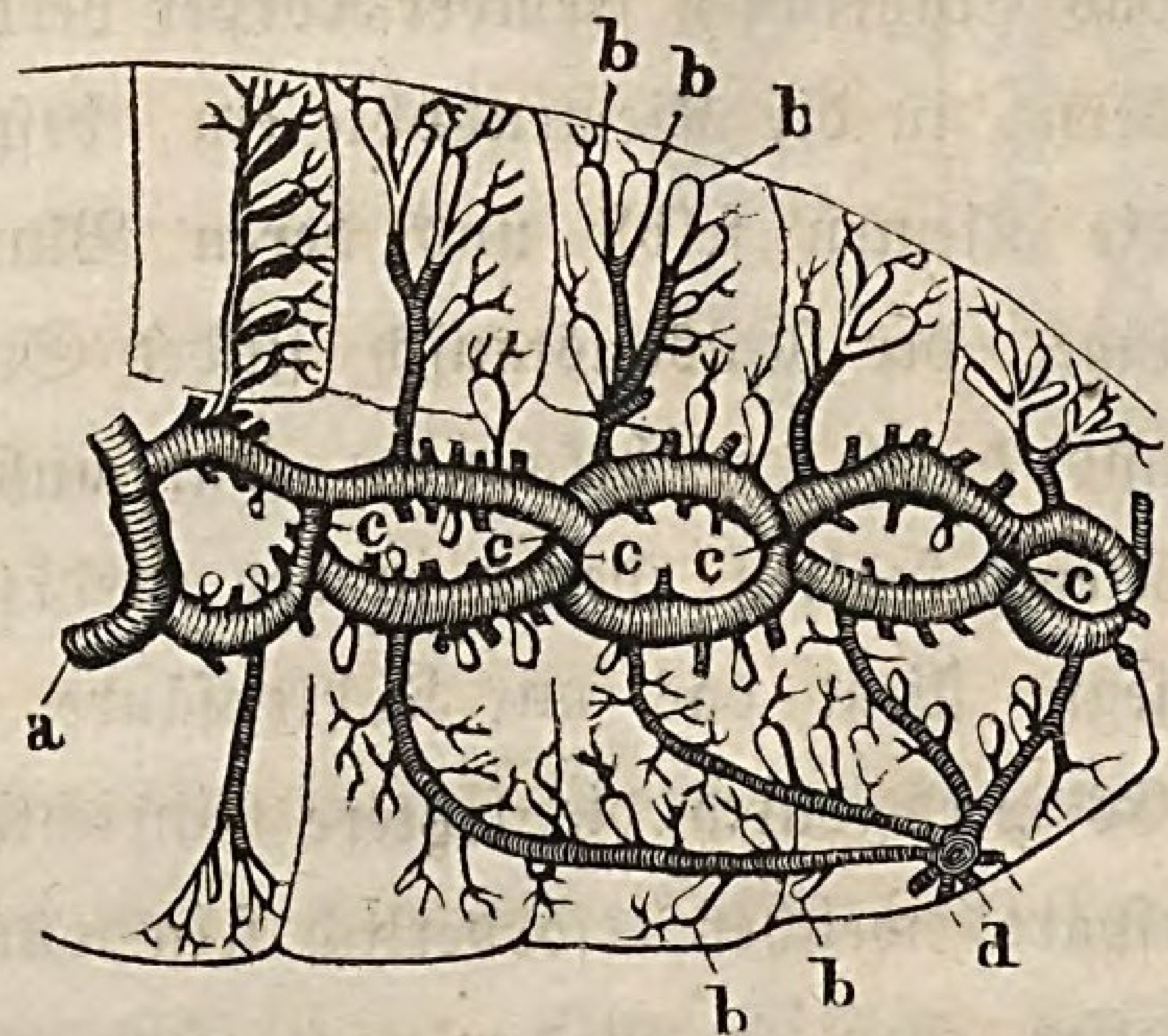
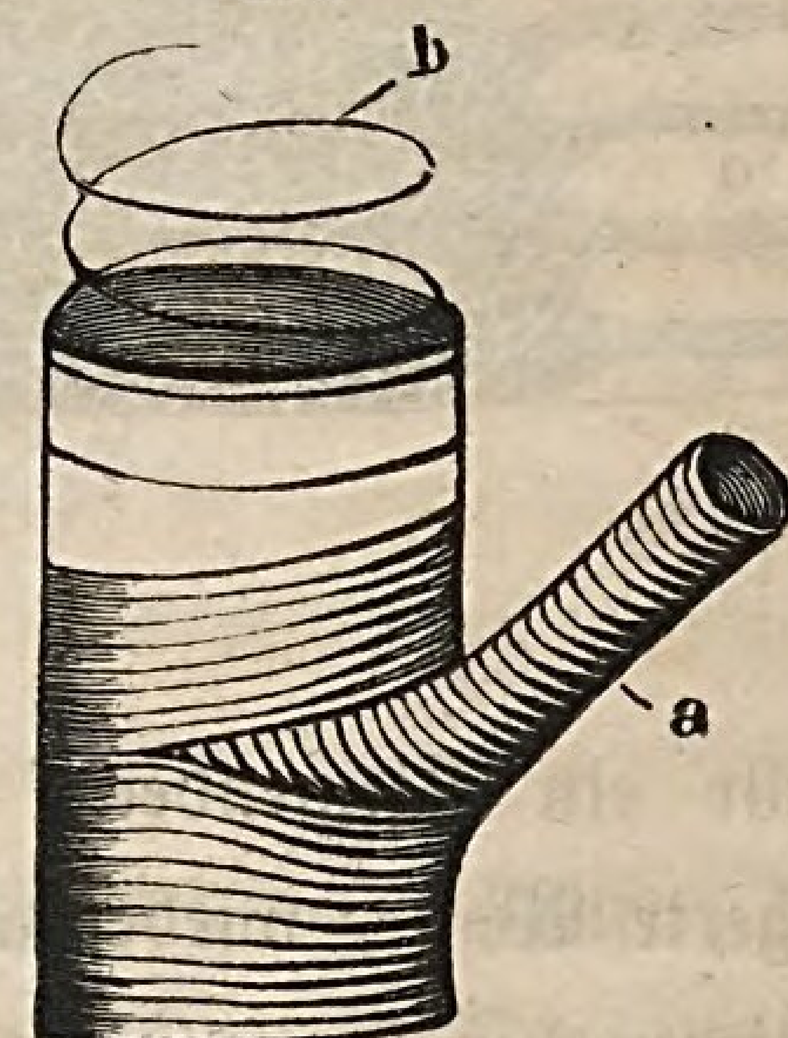


Fig. 215.**)



sammen, so werden die Tracheen comprimirt und die in ihnen enthaltene Luft muß zum Theil entweichen. Vermöge ihrer Elasticität dehnen sie sich aber alsbald wieder aus, und diese Ausdehnung hat sofort ein Eindringen der atmosphärischen Luft zur Folge. Bei den ungeflügelten Insekten bilden diese Tracheen den ganzen Respirationsapparat; bei den

---

*) Das Tracheensystem des Hinterleibes vom Maikäfer. (Nach Strauß-Dürkheim Considerations générales sur les animaux articulés.) a Größere Tracheenstämme. b b b Kleine Luftsäcke, die mit den feinern Tracheenästen zusammenhängen. Bei c c c befinden sich an der Oberfläche des Thieres Luftöffnungen; ebenso bei d. —

**) Vergrößertes Stück eines Tracheenstammes vom Maikäfer. a Seitenast der Trachee. b Ein aufgerollter Spiralfaden.

geflügelten stehen sie aber häufig mit bläschen- oder beutelförmigen Erweiterungen, sog. Luftsäcken (s. Fig. 214, bb) in Verbindung, eine Einrichtung, welche, wie es scheint, zur Verminderung des specifischen Gewichtes der Thiere getroffen ist. Die Respirationsbewegungen dieser Thiere beschränken sich in der Regel auf den Hinterleib, dessen Ringe sich leicht zusammendrücken lassen, und ihre Zahl ist oft sehr beträchtlich, so daß 25—50 auf eine Minute fallen. Die Würmer endlich respiriren größtentheils durch die ganze Oberfläche des Körpers. Die zarte Oberhaut bildet bei ihnen das einzige Respirationsorgan. Nur bei einigen Ringelwürmern finden sich an der Oberfläche des Körpers bald faden-, bald läppchenförmige kiemenartige Apparate, und bei andern tragen besondere Wassergefäße, welche sich nach Art der Luftgefäße im Körper verbreiten und, mit Wasser erfüllt, für die Einleitung des Gasaustausches sorgen. Wie in die Tracheen Luft, so wird in die Wassergefäße Wasser aufgenommen und zum Theil in ähnlicher Weise, wie dort, zum Theil aber auch durch besondere Vorrichtungen, Wimpern, Abflußöffnungen u. s. w. wird die stete Erneuerung und Fortbewegung des Wassers vermittelt. — Unter den Weichthieren ist die Athmung durch Kiemen am weitesten verbreitet. Doch finden sich auch einzelne Arten, die auf dem Lande oder im Süßwasser leben, mit lungenartigen Apparaten, einer sog. Lungenhöhle, für eine directe Luftathmung. „Die wenigen Molluskenformen," sagt Leuckart, „welche ohne solche besondere Respirationsorgane sind, entbehren zugleich der äußern Schaale. Sie sind die sog. Nackt- oder Hautkiemer, die ihre ganze Oberfläche dem Contacte des Wassers darbieten. Die Bauchscheibe, auf der diese Thiere einherkriechen, ist allerdings nur wenig passend für einen respiratorischen Austausch. Sie ist sehr muskulös und blutarm. Indessen bleibt als respiratorisches Organ noch immer der Mantel, der auf der Rückenfläche aufsitzt und gewöhnlich mit schwingenden Cilien besetzt ist. Reicht die Fläche desselben nicht aus, so wird sie durch mancherlei Ausstülpungen vergrößert, die sich dann sehr symmetrisch über die rechte und linke Hälfte vertheilen und gewöhnlich aus büschelförmig verästelten Fäden bestehen." — Unter den Strahlthieren wird bei den Stachelhäutern und Quallen die Athmung zum größten Theil durch Wassergefäße eingeleitet und

unterhalten, während bei den Polypen die Körperoberfläche, so weit sie nicht verkalkt ist, ebensowohl als die Tentakeln den Gasaustausch zu vermitteln scheinen. Bei den Infusorien endlich dient fast durchgehends die äußere Körperhülle als Respirationsorgan. —

Auf diese wenigen Andeutungen, für deren weiteren Verfolg auch hier wieder das mehrerwähnte Werk von Bergmann und Leuckart empfohlen sei, müssen wir uns beschränken. Werfen wir jedoch, ehe wir den Gegenstand verlassen, noch einen allgemeinen Rückblick auf die gezeichneten Bauverhältnisse der Athmungsorgane, und erkennen wir, in wie auffallender Weise eben an ihnen wieder das beim Aufbau des Thierreichs befolgte Princip der Arbeitstheilung unter wenigen und immer zahlreicheren Organen hervortritt, jenes Princip, dessen Entwicklung Milne-Edwards in so trefflicher Weise gelungen ist. Bei den niedern Thieren anfangs gar kein besonderes Respirationsorgan, dann nach und nach zartere und stärker entwickelte faden- oder büschelförmige Anhänge der Körperoberfläche, die, bald an der Rücken-, bald an der Bauchfläche, bald an den Füßen angebracht, dem sie bespülenden Wasser dargeboten werden und den erforderlichen Gasaustausch unterhalten. Weiterhin wird der Gasaustausch in das Innere des Körpers verlegt. Es geht derselbe in einfachsten Fällen in dem mit Wasser erfüllten Darmcanal, der hier die Stelle der Wassergefäße vertritt, vor sich. Alsbald aber treten besondere Wassergefäße oder Luftröhren auf, die den Organismus durchziehend, den Gaswechsel zwischen Wasser oder Luft und den Gewebsflüssigkeiten einleiten. Die Respiration findet gleichsam noch in allen Theilen des Thierkörpers Statt. Aber noch einen Schritt weiter, und es treten besondere Organe, im Innern des Körpers gelegen, auf, die für die Unterhaltung des Gaswechsels Sorge tragen sollen. Der Zugang zu diesen Organen ist aber anfangs wieder kein gesonderter. Von dem Anfange des Verdauungscanales aus fließt das Wasser den Kiemen zu. Dann tritt bei den Amphibien die erste Anlage eines Luftrohres auf, und mehr und mehr von dem Verdauungsrohre getrennt, tritt uns endlich in dem Kehlkopf und der Luftröhre der ausgebildete Zugangscanal zu den zu großen und gesonderten Athmungsorganen der höchst entwickelten Wirbelthiere entgegen! Solche Betrachtungen verleihen den vergleichend-anatomischen Studien

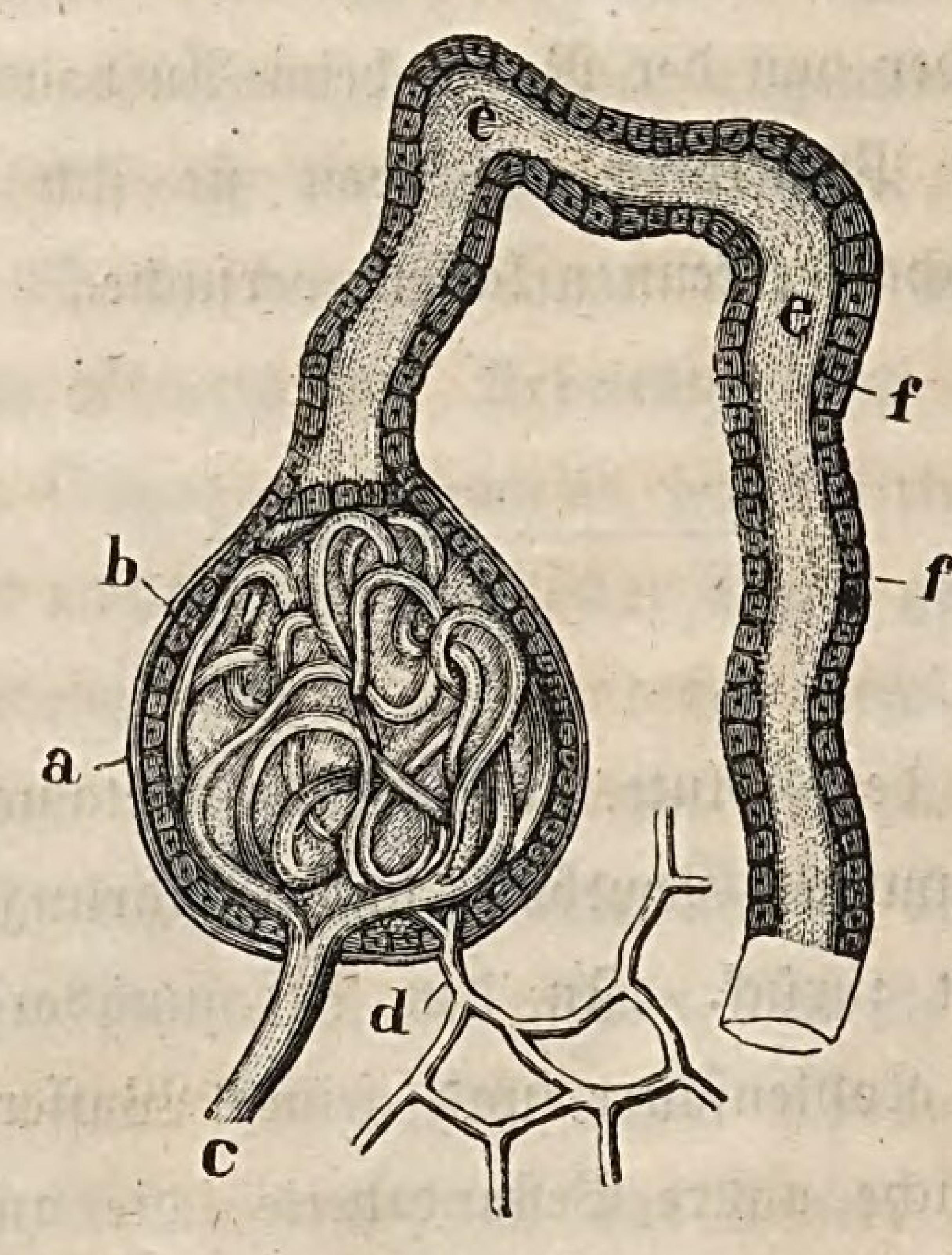
einen ungewöhnlichen Reiz. Aber man gelangt erst zu ihnen nach Durchforschung einer endlosen Anzahl individueller Bauverhältnisse, und wenn deren gründliche Kenntniß nur von dem Manne des Faches zu erwarten steht, so möge damit die gegebene Skizze als eine nur dürftige Andeutung ein nachsichtiges Urtheil finden, gleichzeitig aber auch der Wunsch ausgesprochen sein, daß eine kundige Hand sich bald, und nach dem Vorgange von Milne-Edwards, an der Entwicklung und klaren Darstellung der von der Natur beim Aufbau des Thierreichs befolgten Gesetze und Principien, so weit sie sich nach dem neuesten Stande der Wissenschaft erkennen lassen, versuche.

Wir kehren zu dem Blute, als der die metamorphosirten und zur Ausscheidung bestimmten Gewebs- und Nahrungsbestandtheile enthaltenden Flüssigkeit zurück. In den Athmungsorganen hat es sich eines Theiles seiner Kohlensäure und seines Wassers entledigt. Aber es enthält noch manche andre Bestandtheile, die ausgeschieden werden sollen und müssen. Es enthält verschiedene unorganische Verbindungen (Salze), es enthält Harnstoff, Harnsäure, Kreatin, Kreatinin und Farbstoffe, die nur in aufgelöster, in flüssiger Form aus dem Blute entfernt werden können. Die Respirationsorgane eignen sich dazu nicht. Es wenden sich die fraglichen Stoffe also andern Organen zu, suchen in diesen ihren Ausweg, und daß diese Organe die harnabsondernden Nieren, und zum Theil auch der Darmcanal sind, wurde bereits angedeutet. Entwerfen wir uns auch hier wieder zunächst ein Bild von dem Bau derselben.

Die Nieren zählen zu den drüsigen Organen. Sie kommen bei allen Wirbelthieren paarweise, zu den Seiten des Rückgrats gelegen, vor. Während sich aber bei den früher betrachteten ähnlichen Organen der höhern Wirbelthiere die Blutgefäße überall in baumförmiger Verzweigung an oder zwischen den Drüsenbläschen und Drüsenzellen verbreiteten (s. Fig. 206), verhält es sich hier anders. Es bilden die Blutgefäße in den Nieren eine bald sehr bedeutende, bald geringere Anzahl

kleiner Knäuel, die sog. Malpighi'schen Körper, und diese Knäuel umlagern nun nicht etwa die Drüsenbläschen, wie die Speicheldrüsenbläschen oder die Leberzellen von Blutgefäßen umstrickt wurden, sie liegen vielmehr innerhalb der Bläschen und sind von diesen, wie von Kapseln umgeben (Fig. 216). Die Bläschen selbst sind aber dennoch

Fig. 216. *)



auch hier von Drüsenzellen ausgekleidet, und stellen wir uns das Gefäßknäuel innerhalb des Bläschens liegend, vor, so ist es also zunächst von einer Drüsenzellenschicht umgeben, welche selbst wieder von dem eigentlichen Bläschen, in Form einer Kapsel, umkleidet wird. Die Kapsel selbst läuft nun in ein Canälchen, ähnlich wie das Bläschen der Speicheldrüsen, aus, und auch die Innenwand dieses Canälchens ist von Drüsenzellen ausgekleidet (s. Fig. 216 e f). Die sämmtlichen Canälchen treten dann aber nicht, wie dort, zu stärkeren und starken

*) Ein Malpighi'sches Körperchen mit dem davon entspringenden Harncanälchen. Halb schematisch. a Kapsel des Malpigh. Körperchens. b Drüsenzellenschicht (Epithel). c Das in die Kapsel eindringende Arterienästchen, welches nach vielfachen Windungen als Venenästchen d wieder heraustritt. Dieses bildet dann ein Capillarnetz. e Harncanälchen, f dessen innen mit Epithelialzellen besetzte Wandung, 300mal vergrößert. (Nach Kölliker a. a. O. 2. Bd. 2 Abth.)

Stämmen und schließlich zu einem gemeinschaftlichen Ausführungsgange zusammen, es verläuft vielmehr jedes Canälchen in mehr oder weniger geschlängeltem Laufe, und mit einer gewissen Anzahl benachbarter zu einem Bündel vereinigt, zunächst eine Strecke lang für sich isolirt fort, und erst dann treten in jedem solcher Bündel mehre einzelne zu je einem Canal, von wenig größerem Durchmesser, zusammen. Die Anzahl der Canälchen eines jeden Bündels nimmt demzufolge nach innen zu ab; aber auch die wenigen bleiben immer noch eng verbunden, und die Folge davon ist, daß das Bündel die Gestalt einer Pyramide darbietet (Fig. 217). Die Gefäßknäuel und deren Kapseln bilden dabei in der Regel den oberflächlichsten Theil des Organes, die sog. Rindensubstanz; ihr folgen nach innen die Canälchen-Pyramiden, und von den wieder nach innen gerichteten Spitzen (Papillen) dieser tröpfelt nun die in die einzelnen Canälchen hinein abgesonderte Flüssigkeit in das gemeinschaftliche sog. Nierenbecken, um von da aus in den sog. Harnleiter (Fig. 218),

Fig. 217. *)

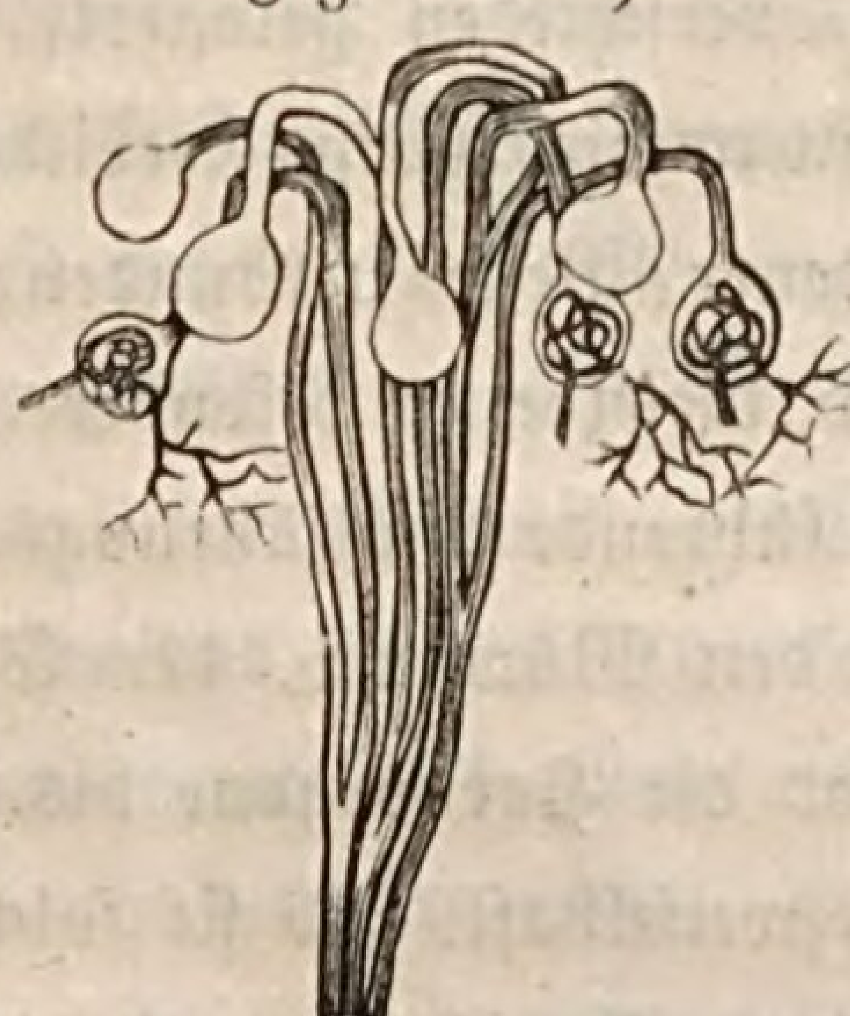
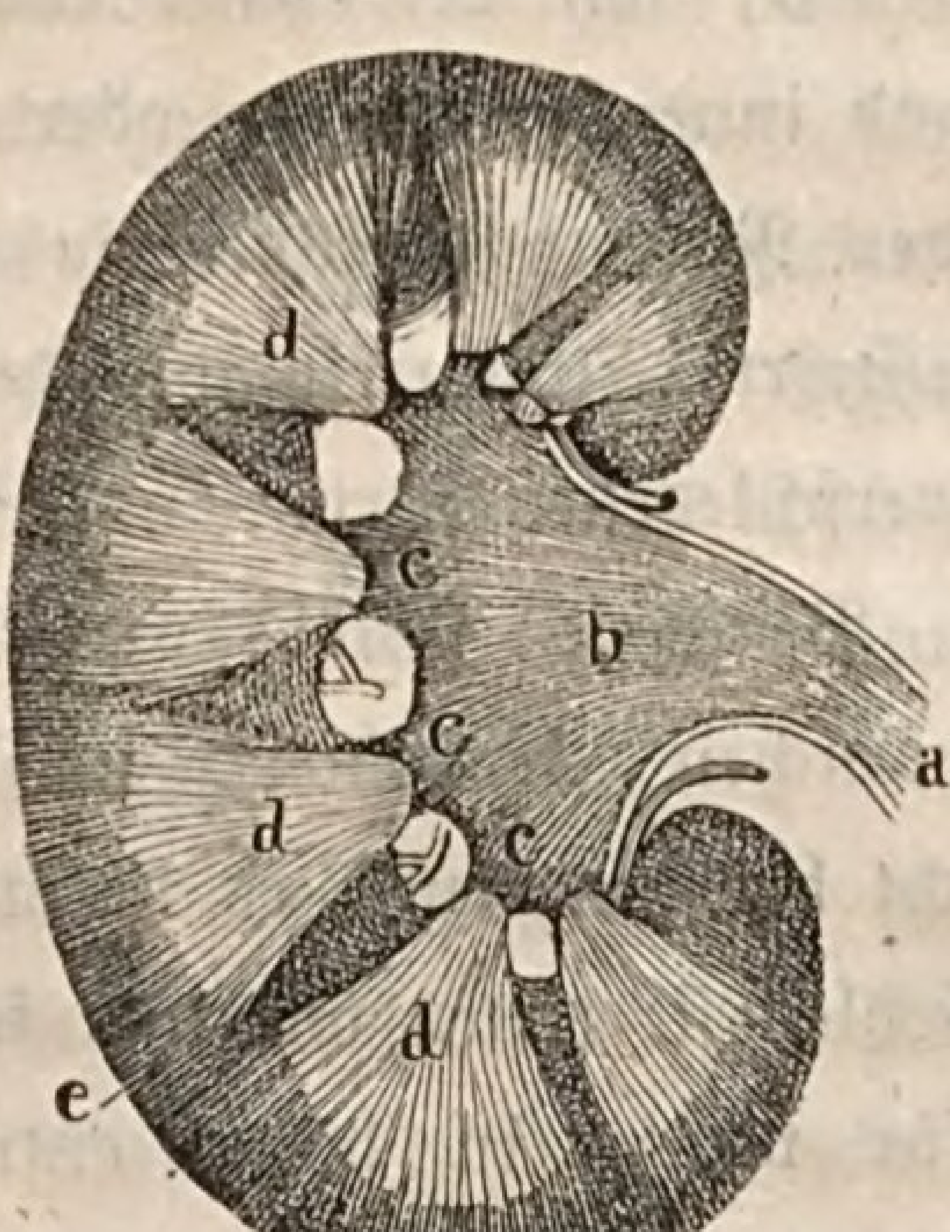


Fig. 218. **)



*) Schematische Darstellung der Zusammenlagerung und Communication der Harncanälchen mit den Malpighi'schen Körperchen und Kapseln, von denen sie ausgehen. Einige Kapseln sind leer dargestellt, einige mit dem Gefäßknäuel. —

**) Ein Längsschnitt aus der Mitte der Niere eines Kindes. a Harnleiter. b Nierenbecken. c c c Die Papillen oder Spitzen der Canälchen-Pyramiden d d d. Diese sind durch Gewebe, in welches Blutgefäße ein-

und so endlich entweder auf gesonderten Wegen, oder, zunächst dem untern Theile des Darmcanals übergeben, mit dem Inhalte dieses aus dem Organismus hinaus zu gelangen. Mit Hülfe der beigefügten Abbildungen wird man sich von diesen Verhältnissen leicht eine Vorstellung verschaffen können, und ähnlich wie hier gezeichnet, verhält es sich bei allen Wirbelthieren. Zwar variiren die Nieren derselben in Form und Größe mannigfach; die bezeichneten Pyramiden und die ihnen zugehörigen Gefäßknäuel sind bald fest und eng verbunden, bald in einzelne Lappen getrennt. Doch es können uns diese Verhältnisse hier weniger interessiren. Bei den Wirbellosen verhält es sich dagegen anders. Bei einer großen Anzahl von ihnen, insonderheit den Insekten und Weichthieren, hat man unzweifelhafte harnabsondernde Organe entdeckt. Es bestehen dieselben hier aber entweder, wie bei den Insekten, aus längern, vielfach gewundenen, fadenförmigen Canälen, die in der Nähe des Darmcanals gelegen und mit diesem in Communication stehend, in ihn hinein ihr Absonderungsprodukt entleeren; *) oder sie stellen, wie bei den Weichthieren, verschieden gelagerte, sackförmige und innen gefächerte, oder auch schwammig-zottige Gebilde dar, die mit den Nahrungsgefäßen in verschiedener Weise verbunden, eine sehr concentrirte Flüssigkeit absondern, und dieselbe in besondere, aber an sehr verschiedenen Orten nach außen führende Ausführungscanäle ergießen. Bei vielen Wirbellosen, so bei den Würmern, den Strahlthieren, manchen Weichthieren u. s. w., sind die Harnorgane bis dahin jedoch nicht bekannt, und es ist mehr als zweifelhaft, ob sie solche besitzen. Fehlen sie ihnen wirklich, so würde die Ausscheidung derjenigen Stoffe, für welche in höher entwickelten Thieren die Nieren Sorge tragen, andern Organen übertragen sein müssen, ähnlich, wie die der Kohlensäure bei niedersten Thieren der Haut obliegt. Doch wir haben weder eine Ahnung davon, welches etwa diese Organe sind, noch wissen wir, ob in den niedern auch dieselben Endprodukte aus der Metamor-

---

dringen und zum Theil auch Malpighi'sche Gefäßknäuel liegen, getrennt. e Die Rindensubstanz. (Nach Kölliker a. a. O. 2. Bd. 2 Abth.)

*) Vgl. Fig. 176, f. S. 209.

phose der Nahrungsmittel hervorgehen, welche bei höhern in dem Harn aufgefunden werden.

In den Wirbelthieren gelangt nun das ständig circulirende Blut in die nach ihrem Entdecker sog. Malpighi'schen Gefäßknäuel hinein. Die eigenthümliche Anordnung derselben bedingt eine bedeutende Verlangsamung der Strömung, ein relativ langes Verweilen des Blutes auf einem minimalen Distrikt. Es treten, und zum Theil sicher in Folge davon, Stoffe aus dem Blute heraus, die in andern Organen mit andern Blutgefäßanordnungen keinen Ausweg finden. Diese Stoffe müssen aber jetzt durch die oben bezeichneten Drüsenzellen hindurch, und nachdem sie dieselben durchsetzt haben, stellen sie, in den Harncanälchen angelangt, die als Harn bekannte Flüssigkeit dar, welche nun, wie erwähnt, aus den Harnkanälen in das Nierenbecken, von da in die Harnleiter, und so weiter aus dem Organismus hinausgelangt. Es will scheinen, als wenn die Drüsenzellen hier weniger Antheil nehmen an der Herstellung des Drüsensecretes, als in andern Drüsen, wie z. B. in der Leber oder in den Speicheldrüsen. Während sich von den organischen Bestandtheilen der Galle nichts im Blute findet, diese vielmehr erst innerhalb der Leberzellen aus den vom Blute gelieferten Materialien gebildet wird (s. S. 278), finden sich sämmtliche Bestandtheile des Harns bereits fertig gebildet im Blute vor, und es erscheint uns demzufolge das Malpighi'sche Gefäßknäuel nur die Bedeutung eines Filtrirapparates zu besitzen. Allein die Frage ist bis dahin keineswegs entschieden; wir übersehen die Function der Drüsenzellen in diesem Falle noch durchaus nicht; wir vermuthen nur, auf die Analogie andrer Drüsen gestützt, daß sie dennoch eine nicht unbedeutende Rolle spielen, und vorläufig muß wenigstens, abgesehen von anderen, die Möglichkeit zugegeben werden, daß neben den eigentlichen Harnbestandtheilen zunächst auch andre Blutbestandtheile aus den Gefäßknäueln heraustreten, die letzteren dann aber nicht, gleich jenen, von den bezeichneten Drüsen- oder Epithelialzellen durchgelassen werden, vielmehr in das Blutgefäßsystem, in das Gefäßknäuel selbst zurückzukehren genöthigt sind, auf eben diesem Wege aber gleichzeitig gewissen, noch unbekannten Metamorphosen unterliegen.

Und aus welchen Bestandtheilen ist der Harn selbst

zusammengesetzt? — Wir wissen es mit Bestimmtheit, daß, bei den höhern Wirbelthieren wenigstens, der Stickstoff der Nahrungsmittel, mit wenigen Atomen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zu Harnstoff verbunden, zum größten Theil den Organismus mit dem Harn verläßt. Es ist dieser Harnstoff, das Endprodukt der Metamorphosen der stickstoffhaltigen Nahrungsstoffe, in dem Wasser des Harns aufgelöst, und in einer täglichen Menge von etwa 30—35 Grm. wird er von einem erwachsenen Manne von etwa 140 Pfd. Körpergewicht ausgeschieden. Aber er ist nicht das einzige Endprodukt der bezeichneten Metamorphose. Auch das früher erwähnte Kreatin und eine organische Säure, die sog. Harnsäure, gehen aus den stickstoffhaltigen Nahrungsstoffen hervor und in den Nieren werden sie aus dem Blute ausgeschieden. Ihre Menge ist jedoch unter normalen Verhältnissen bei Menschen und Säugethieren verschwindend klein gegen die des Harnstoffs und nur krankhafte Zustände sind mit vermehrter Ausscheidung derselben verbunden, Zustände, in welchen die Harnsäure dann oft in Crystallform im Harn aufgefunden werden kann. — Doch der Harn enthält nicht nur diese organischen, stickstoffhaltigen Verbindungen. Abgesehen von den auch hier noch wenig näher bestimmten, sog. Extractivstoffen und den eigenthümlichen Farbstoffen, enthält er in Auflösung verschiedene unorganische Verbindungen, unter denen das phosphorsaure Kali, das phosphorsaure Natron, das Kochsalz, der phosphorsaure Kalk, die phosphorsaure Magnesia und schwefelsaure Salze neben Spuren von Eisen, die Hauptrolle spielen. Wir wissen, woher diese Verbindungen stammen, an welcher Gebilde und Flüssigkeiten Zusammensetzung sie sich im Organismus betheiligten. Sie waren constituirende Bestandtheile des Muskelgewebes, der Nervenmasse, der Knochen, der Blutkörperchen, des Blutserums u. s. w. Aber mit dem Zerfall der Gewebe treten sie aus dem Nexus mit ihnen heraus und gleich den stickstoffhaltigen und stickstofffreien Produkten jener verlassen sie den Organismus, um durch neue Zufuhren ersetzt zu werden. Wie die in den Athmungsorganen exhalirte Kohlensäure der atmosphärischen Luft, so fließen sie jetzt neben den übrigen Bestandtheilen dem Erdboden zu, und wenn wir bedenken, daß sie von dort aus wieder sämmtlich als wesentliche Vermittler der Bildungsprocesse der Pflanzen in dieselben über-

zugehen bestimmt sind, daß ein Boden ohne eine hinreichende Menge von phosphorsauren Salzen nie und nimmer ein fruchtbarer sein kann, so dürfen wir es nur um so mehr beklagen, daß in Folge unserer oftmals mangelhaften städtischen und landwirthschaftlichen Einrichtungen mit ihrem Verlust und ihrer Geringschätzung so mancher Erwerb verloren geht, und der große Naturhaushalt Störungen erfährt, die wir in theurer Zeit und im Nothstande hart empfinden.*) Und auch der Harnstoff betheiligt sich, dem Boden zurückgegeben, von Neuem an der Bildung der Pflanze. Er zerfällt alsbald unter dem Einfluß der Luft in kohlensaures Ammoniak, und dieses, von den Wurzelzellen der Pflanze aufgenommen, liefert ihr den Stickstoff, den sie zur Bildung von Kleber, Pflanzeneiweiß u. s. w. bedarf. Ohne eine gewisse Menge von Ammoniak im Boden kann sich kein stickstoffhaltiger Pflanzentheil entwickeln, — und die Aufgaben der Landwirthschaft können also auch in dieser Beziehung nicht zweifelhaft sein. — Sehen wir aber so nicht auch hier wieder den Kreislauf geschlossen? — Was Bestandtheil der Pflanze war, wird Gewebs- oder Blutbestandtheil des Thieres, was Gewebs- und Blutbestandtheil des Thieres war, zerfällt zum Theil zu Harnstoff und weiterhin zu kohlensaurem Ammoniak und zu einzelnen unorganischen Bestandtheilen; die Pflanze nimmt all diese Bestandtheile aus dem Erdboden wieder auf, und eine neue Erndte ersteht aus den Produkten des Zerfalls der Gewebs- und Blutbestandtheile des thierischen Organismus.

Ueber die Zusammensetzung des Harns der Thiere ist uns, mit Ausnahme der Säugethiere, zur Zeit nur noch wenig bekannt. Zwar leidet es keinen Zweifel, daß überall, wo Nieren und nierenartige Organe existiren, die stickstoffhaltigen Endprodukte der Metamorphosen der Gewebs- und Blutbestandtheile in ihnen ausgeschieden werden. Allein

*) Sollte nicht bald die Zeit kommen, wo, in richtiger Erkenntniß des die gesunde Existenz der Organismen bedingenden ungestörten Kreislaufs des Stoffes, Sorge dafür getragen wird, daß die menschlichen und thierischen Auswurfsstoffe in Städten durch geeignete Röhrenanlagen gesammelt, zunächst zu festen, nicht flüchtigen Düngermassen verwandelt, und so endlich den fruchttragenden Feldern wieder zugeführt werden? —

welches diese Endprodukte sind, in welcher verschiedenen Quantität dieselben ausgeschieden werden, ist bis dahin erst für eine kleine Reihe von Thieren festgestellt, für manche kleinere Thierformen aber auch kaum näher zu bestimmen. Es gilt hier dasselbe, was wir oben in Betreff des Desiderates einer allgemeinen physiologischen Chemie bemerkten. — In Betreff der Säugethiere wissen wir, daß der Harn der Pflanzenfresser verschieden ist von dem der Fleischfresser. Jener ist stets trübe und hat (in Folge der in den Pflanzen enthaltenen pflanzensauren Salze)*) stets eine alkalische Reaction; er enthält keine Harnsäure, wohl aber eine andere, aus der in manchen Früchten enthaltenen Benzoësäure hervorgehende Säure, die Hippursäure; er ist ferner reich an kohlensauren, aber arm an phosphorsauren Salzen. Der Harn der Fleischfresser nähert sich dagegen sehr dem des Menschen. Er enthält neben Harnstoff Harnsäure und reichliche Mengen phosphorsaurer Salze. — Der Harn der Vögel besteht fast nur aus Harnsäure, welche meistens mit Kali oder Natron ein harnsaures Salz bildet, etwas Harnstoff und phosphorsauren Salzen, eine Mischung, welche die wesentlichsten Bestandtheile des so vielfältig als Düngmittel gebrauchten Guano bildet. Ganz ähnlich ist die Zusammensetzung des Harns der Schlangen, und ähnlich die anderer Amphibien. Bei den Fröschen sowohl als Schildkröten ist auch Harnstoff aufgefunden. In den Excrementen der Insekten endlich findet sich Harnsäure und bei manchen Gliederthieren (Spinnen, einigen Krustern) das stickstoffhaltige sog. Guanin. Doch es sind das Alles nur noch einzelne Bruchstücke, deren weitere Ausführung durch Einsammlung von Thatsachen, deren Verbindung und physiologische Würdigung der Zukunft vorbehalten bleibt. —

Fragen wir schließlich wieder nach denjenigen Momenten, welche vermindernd oder vermehrend auf die Ausgabe der einzelnen Harnbestandtheile oder des Harns überhaupt influiren, so haben wir bei höhern Wirbelthieren und beim Menschen bereits eine Reihe solcher Umstände kennen gelernt, und die Kenntniß dieser Umstände weist uns nicht nur mit unzweifelhafter Gewißheit auf den Ursprung der einzelnen Bestandtheile im

---

*) Vgl. S. 319.

Organismus hin; sie giebt uns auch Mittel und Wege an die Hand, um den Organismus unter Umständen von diesen oder jenen Bestandtheilen zu befreien, ihm diese oder jene Stoffe zu entziehen. Die Menge des Harnstoffs sehen wir allemal vermehrt nach reichlichem Genuß stickstoffreicher Nahrungsmittel, also nach Fleisch, Eiern, Milch u. s. w., vermindert dagegen bei der vegetabilischen Kost, deren Stickstoffgehalt an und für sich geringer ist, als der gleiche Gehalt jener. Muskelbewegung vermehrt die Ausgabe stickstoffhaltiger Harnbestandtheile, sie führt also einen vermehrten Umsatz der Körperbestandtheile herbei, und nicht minder erscheinen nach körperlichen Anstrengungen die schwefelsauren, zum Theil auch die phosphorsauren Salze im Harn in vermehrter Quantität. Der gehobene Appetit nach solchen Anstrengungen findet darin seine Erklärung. Eine durchaus gleiche Wirkung haben aber — und es ist das für die Praxis von erheblichster Wichtigkeit — Excitationen des Nervensystems. Ein erhebender Kunstgenuß, eine große Freude, ein lebendiges Wirken in Kunst und Wissenschaft, sie bedingen eben so, wie die vermehrte Körperanstrengung, einen vermehrten Umsatz der Gewebs- und Blutbestandtheile, und der Harn ist demzufolge nach ihnen reich an Harnstoff, an schwefelsauren und phosphorsauren Salzen. Der deprimirte Gemüthszustand, der schwächliche Zustand wirkt dagegen in entgegengesetzter Weise. Er hindert oder verzögert den Zerfall der Gewebs- und Blutbestandtheile, hindert damit die Excretion von Harnstoff u. s. w., und begehen Individuen, die an solchen Zuständen leiden, den so oft vorkommenden Fehler eines zu reichlichen Genusses sog. kräftiger Nahrungsmittel, so erreichen sie damit nicht etwa ihre gute Absicht, ihren Organismus zu stärken, sie legen vielmehr den Grund zu weiteren Erkrankungen. Ihr Organismus ist unfähig, größere Mengen von Nahrungsstoffen zu verarbeiten, und es genesen solche Individuen nur bei dem Genusse kleiner Quantitäten sog. nahrhafter Nahrungsmittel neben strenger Resignation auf jede anstrengende Thätigkeit, eine Resignation, die oftmals freilich den Anforderungen des praktischen Lebens gegenüber schwer genug fällt, dennoch aber geübt sein muß, falls nicht immer neue Störungen der Gesundheit das Leben verbittern sollen. Das geringe noch vorhandene Capital geht ohne sie verloren und der baldige gänzliche Banquerott bleibt nicht aus. —

Neben diesen in Kürze angedeuteten diätetischen und hygieinischen Maaßnahmen besitzen wir endlich auch eine Menge von Arzneimitteln, welche den Stoffumsatz im Organismus zu beschleunigen oder zu retardiren, weiterhin also auch die Quantität der ausgeschiedenen Harnbestandtheile zu vermehren oder zu vermindern vermögen; ja, genau genommen, bleibt kein Arzneimittel in dieser Beziehung ohne Wirkung, da es in ein oder andrer Weise allemal in die Lebensvorgänge eingreift, und ein solcher Eingriff auch jedesmal modificirend auf die Vorgänge des Stoffwechsels einwirken muß. Es erfolgt die Wirkung dieser Arzneimittel entweder in der Weise, daß sie direct den Zerfall der Gewebs- oder Blutbestandtheile beschleunigen oder verzögern, oder zunächst das Nervensystem in Anspruch nehmen, um von ihm aus auf die vegetativen Lebensvorgänge zu influiren. Die umsichtige Handhabung dieser Mittel giebt dem Arzt mächtige Waffen gegen manche Krankheitszustände in die Hand, und mit ihnen bewegt er sich auf dem Boden einer sichern und einzig gerechtfertigten rationellen Heilkunde. Schon die Verordnung des reichlichen Wassergenusses, — wenn wir solchen hierher zählen wollen — hat ihre bestimmten Wirkungen; es vermehrt dieser Genuß den Stoffumsatz. Wollen wir aber eine Andeutung über die Wirksamkeit von Arzneimitteln hinzufügen, so sei es in Kürze erwähnt, daß die Mehrzahl der salinischen Arzneimittel, und insonderheit die Alkalien und alkalischen Wässer beschleunigend, die mineralischen Säuren dagegen, ganz entsprechend dem natürlichen Gegensatz der Mittel selbst, retardirend auf den Stoffwechsel einwirken; daß andrerseits das Nervensystem excitirende Arzneimittel wieder den ersteren, deprimirende den letztern Effekt hervorbringen. Das volle Glas Wein bei guter Mahlzeit findet in diesen Verhältnissen seine rationelle Empfehlung, und die schon mannigfach leider in Vergessenheit gerathenen Arzneimittel älterer Aerzte, die nach deren damaligen dunklen Vorstellungen die „Lebenskraft anfachten," müssen wieder in ihr volles, altes und wohlbegründetes Recht eingesetzt werden.

Neben den Nieren haben wir oben den Darmcanal als Abzugscanal metamorphosirter Gewebs- und Blutbestandtheile bezeichnet. Er verdient diese Bezeichnung jenem gegenüber jedoch nur in sehr untergeordneter Weise. Seine wesentliche Aufgabe besteht sonder Zweifel, wie

schon früher erwähnt, nur in der Entfernung der unverdauten Speisereste und eines kleinen Mengentheils der Galle, der im Darmcanal nicht zur Auffaugung gelangte. Doch es ist keineswegs unberücksichtigt zu lassen, daß diesen Stoffen stets gewisse unorganische Bestandtheile, insonderheit Chloralkalien und phosphorsaure Erdsalze, beigemischt sind, die zum Theil ebenfalls von den Nahrungsmitteln herstammen, zum Theil aber auch vom Blute aus in den Darmcanal hinein abgesondert werden. Es findet ferner, ohne Frage auch ähnlich wie bei der äußern Körperhaut, eine ständige Abschuppung, eine ständige Abstoßung der oberflächlichsten Zellenlagen der Darmschleimhaut statt, und auch diese Abwürfe sowohl, als das schleimige Secret der Darmschleimhaut, ist den Auswurfsstoffen ebenfalls beigemischt. Was aber auch auf diesem Wege den Organismus verläßt, der Einwirkung der atmosphärischen Luft ausgesetzt geht es alsbald in Verwesung über und dem Ackerboden als Dünger zugeführt, füllt es denselben nicht minder mit Nahrungsstoffen der Vegetabilien, als das Absonderungsprodukt der Nieren. Das aus der Verwesung hervorgehende kohlensaure Ammoniak, die Kohlensäure, die schwefelsauren Salze, zu deren Bildung der in dem Taurin der Galle enthaltene Schwefel Veranlassung giebt, die phosphorsauren Salze endlich, sie alle betheiligen sich an dem Aufbau der wieder zur Nahrung des Thieres bestimmten Pflanze.

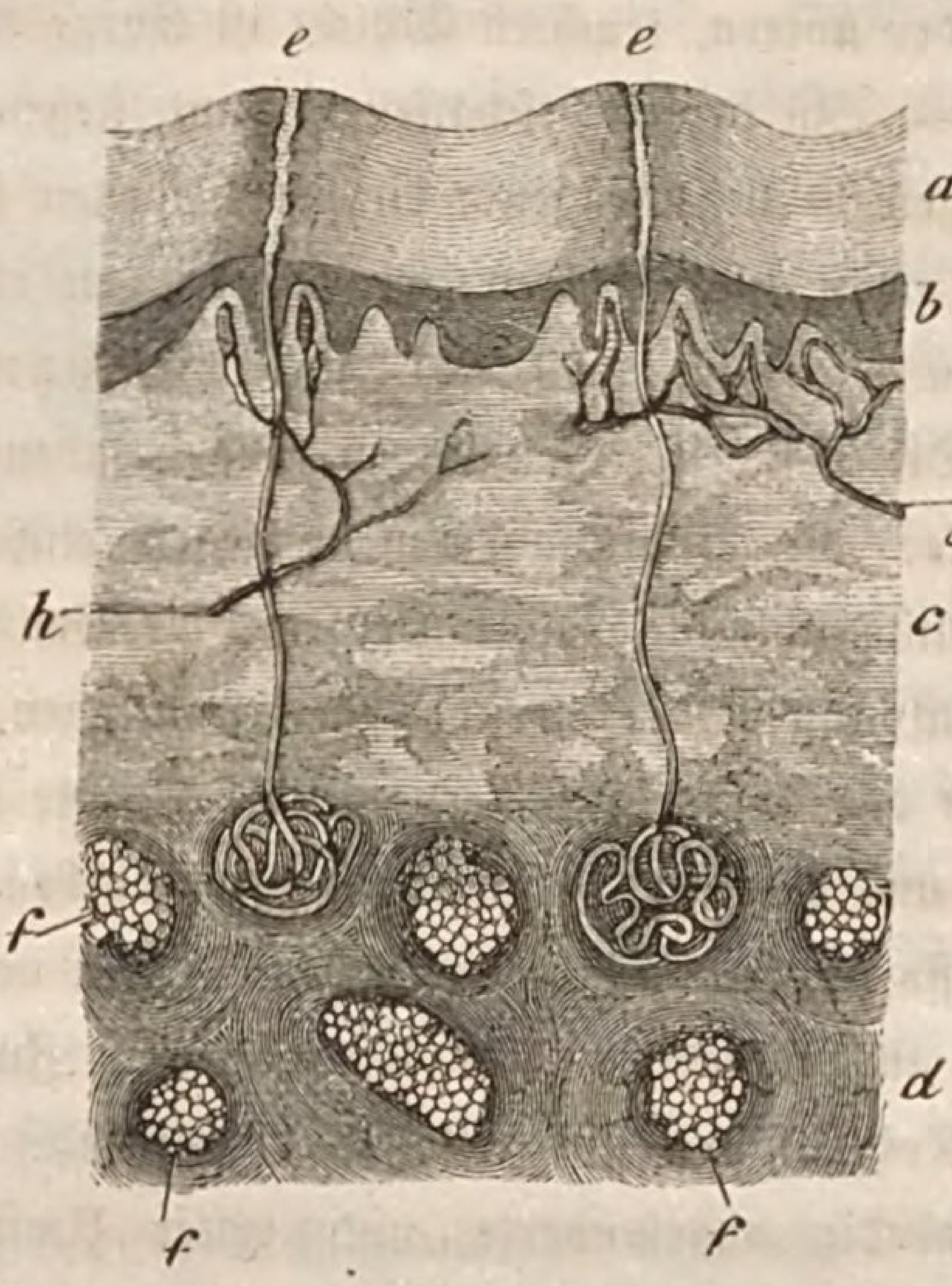
Und nochmals kehren wir zu dem Blute als dem Träger der zu Auswurfsstoffen metamorphosirten Gewebs- und Nahrungsbestandtheile zurück. In den Lungen entwich schon ein beträchtlicher Theil derselben; den Nieren und dem Darmcanal liegt die Ausscheidung einer andern Reihe von Stoffen ob. Aber es bleibt unserer Betrachtung noch ein dritter Ausweg übrig. Auch die äußere Haut des thierischen Organismus ist zur Ausscheidung gewisser Auswurfsstoffe bestimmt, und zwar sind es theils besondere in ihr gebettete Drüsen, theils die sie zusammensetzenden Zellen selbst, welchen diese Ausscheidung

obliegt. In gewisser Beziehung gleicht die äußere Haut den Athmungsorganen. Sie haucht gasförmige Stoffe, und zwar Kohlensäure und Wasser, aus. Allein auch tropfbar-flüssig kommt unter Umständen das Wasser aus den in ihr gebetteten Drüsen zum Vorschein, und eine Anzahl unorganischer und organischer Stoffe mischt sich in bald größerer, bald geringerer Menge diesem Wasser bei. Man dürfte die Frage aufwerfen, ob denn Athmungsorgane und Nieren bei Thieren, die mit diesen Organen überhaupt ausgerüstet sind, zum Auswurf jener Stoffe nicht genügten? Allein es will scheinen, daß die von den Athmungsorganen gebotene Verdunstungsfläche noch nicht groß genug war, um den Anforderungen des Organismus zu genügen, daß die Quantitäten zu eliminirender Kohlensäure und Wassers zu bedeutend sind, als daß ihnen Athmungsorgane und Nieren hinreichende Auswege gestatteten. Auf alle Fälle scheint aber die Natur mit der Hautausdünstung und mit den in der Haut gelegenen Drüsen noch andere, besondere Zwecke verfolgt zu haben, und erstrecken sich diese einmal auf die Regulirung der Wärmeökonomie, so betreffen sie andrerseits die Bildung und Absonderung besonderer Stoffe, die der Oberfläche des Thierkörpers bald zum Schutze gegen äußere Agentien, bald vielleicht vermöge ihres Geruches zur Kenntlichmachung des Thieres für seine Verwandten dienen sollten, bald wieder sich als Nutzstoffe darstellen, bald für die ganze Lebensweise oder Erhaltung des Thieres erforderlich waren.

Es kann und soll hier nun nicht unsre Aufgabe sein, den Bau der äußern Bedeckungen in seiner wunderbaren Mannigfaltigkeit durch die ganze Thierreihe hindurch zu verfolgen. Selbst die Darstellung all der verschiedenen in der Haut gelegenen Drüsen verschiedener Thiere würde uns zu weit auf das Gebiet der vergleichenden Anatomie führen. Wie in Betreff der Bauverhältnisse des innern Skeletts des Thieres, so müssen wir uns hier auch in Betreff des sog. Hautskeletts, das bei manchen niedern Thieren in der That die Hauptstütze des ganzen Gebäudes bildet, beschränken. Neben einer flüchtigen Skizze vom Baue der menschlichen Haut soll uns jedoch noch die Betrachtung einiger wesentlicher Hautgebilde der Thiere beschäftigen, insofern uns dieselben für allgemeinere physiologische Schlußfolgerungen erforderlich scheinen.

Die Haut des Menschen besteht aus zwei wesentlich verschiedenen Lagen; aus einer innern gefäß- und nervenreichen, aus Bindegewebe und einzelnen Muskelfasern bestehenden, der sog. Lederhaut, und aus einer äußern, ausschließlich aus Zellen zusammengesetzten, der sog. Oberhaut oder Epidermis. An der ersteren unterscheidet man wieder das nach innen liegende, die Haut mit den Muskeln u. s. w. verbindende Unterhaut-Zellgewebe (Fig. 219, d), welches bald

Fig. 219.*)



weniger, bald in reicher Menge mit Fettzellen erfüllt ist (Fig. 219, f), und die eigentliche Lederhaut (Fig. 219, c), die mit Tausenden

---

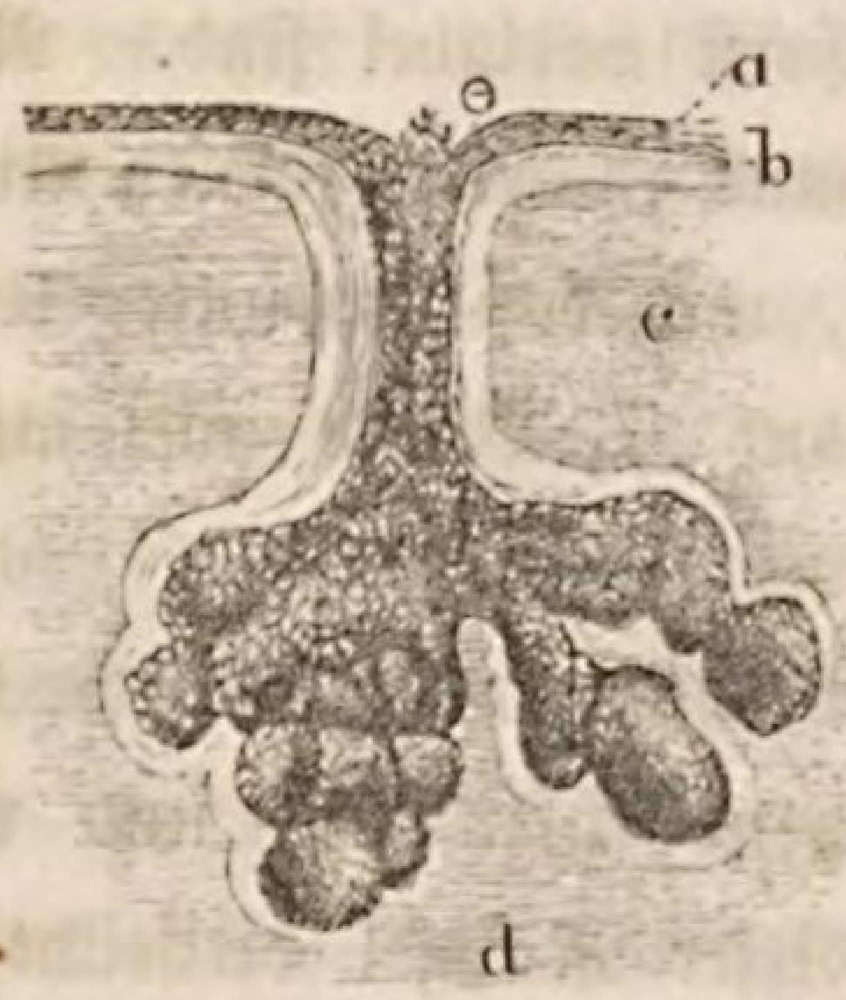
*) Senkrechter Durchschnitt der Haut der Innenfläche des Zeigefingers — 25mal vergrößert. — a Epidermis. b Malpighi'sches Schleimnetz. c Lederhaut. d Unterhautzellgewebe. ee Ausführungsgänge der knäuelförmig aufgerollten Schweißdrüsen. fff Anhäufungen von Fettzellen. g Verzweigung und schlingenförmige Umbiegung der Blutgefäße in den Papillen der Lederhaut. h Ein Hautnerv, der in die Papillen eindringt und in zweien derselben mit Tastkörperchen versehen ist. (Nach Ecker a. a. O. Taf. XVII.)

warzenförmiger Hervorragungen versehen, die Endausbreitungen der Nerven und Gefäße (Fig. 219, h und g) enthält. An der zweiten trennt man ebenfalls wieder eine innere feuchte Zellenschicht, das sog. Malpighi'sche Schleimnetz (Fig. 219, b), und eine äußere, aus vertrockneten Zellen bestehende, die sog. Epidermis (Fig. 219, a), die aber beide keineswegs scharf getrennt sind, sondern allmählig in einander übergehen. Die abgestoßenen trockenen Epidermiszellen werden ständig von den unter ihr liegenden ersetzt; durch eine fortwährende Zellenbildung in der untern, feuchten Schicht ist Sorge für diesen Nachwuchs getragen. — In der so beschaffenen Haut liegen nun, bis in das Unterhautzellgewebe hineinragend, die verschiedenen Hautdrüsen und Haarbälge, und zwar unterscheiden wir unter den ersteren die sog. Schweißdrüsen (s. Fig. 219, e), und die Hauttalgdrüsen (s. Fig. 220). Die Schweißdrüsen bilden lange, fadenförmige, unten aufgerollte Canäle, die Hauttalgdrüsen dagegen einfache oder auch mehrfach ausgestülpte schlauchförmige Drüsen; die Haarbälge aber sind als einfache Einstülpungen der verschiedenen Hautlagen zu betrachten, aus deren Grunde das Haar selbst hervorkeimt. — Die beigefügten Abbildungen mögen uns weiterer Beschreibungen überheben. —

Welche Stoffe werden nun von diesen Drüsen und Hautschichten abgesondert und ausgeschieden? Es leidet keinen Zweifel, daß die letztern ständig Kohlensäure und Wasser exhaliren. Das von den Schweißdrüsen ständig abgesonderte und unter Umständen in großer Menge hervortretende Wasser ist aber mit verschiedenen organischen und unorganischen Stoffen geschwängert, unter denen neben einigen bis dahin nicht näher bestimmten stickstoffhaltigen (vielleicht dem Harnstoff ähnlichen) Verbindungen, stickstofffreie Säuren, insonderheit Ameisensäure, Essigsäure und Buttersäure, und Kochsalz die Hauptrolle spielen. Sind uns aber die Quellen dieser Stoffe nicht hinreichend aus unsern obigen Betrachtungen bekannt? Wir müssen annehmen, daß unter Umständen jene aus der Metamorphose der stickstofffreien Nahrungsbestandtheile hervorgehenden Verbindungen nicht bis zur Kohlensäure- und Wasserbildung hingelangen, das Blut sich ihrer aber dennoch zu entledigen sucht. In den Schweißdrüsen wird ihnen jetzt ein Ausweg geboten und ihre Abscheidung in denselben erfolgt nach ähnlichen

Gesetzen, wie wir sie bei andern Drüsen kennen gelernt haben. Das von den Hauttalgdrüsen abgesonderte Secret besteht neben ebenfalls noch nicht näher bestimmten, quantitativ aber nicht sehr erheblichen stickstoffhaltigen Verbindungen vorzugsweise aus Fett (insonderheit Elaïn), aus Fettseifen und geringen Mengen von Cholestearin, während unter den unorganischen Bestandtheilen die phosphorsauren Erden vorherrschen und die Chlorverbindungen nur in sehr unerheblicher Menge vorhanden sind. Auch in diesen Drüsen treffen wir wieder auf das mehrfach beregte interessante Verhältniß, daß die Bildung des Drüsensecretes, hier also des Hauttalgs, durch einen Zellenbildungsproceß im Grunde des Drüsenschlauches bedingt ist. In diesen Zellen bildet sich oder entwickelt sich aus andern Verbindungen das Fett, die Zellen platzen, sobald sie weiter vorgeschoben werden, und das fettige Secret tritt zu Tage. Ueber den Ursprung dieses Fettes läßt sich schwer entscheiden. Seinen Nutzen aber suchen wir in der Weicherhaltung der Haut, in der Verhinderung zu starker Verdunstung, in dem Schutze vor dem Eindringen schädlicher Flüssigkeiten u. s. w.

Fig. 220.*)



So werden denn dem Organismus auch auf dem Wege durch die Haut stickstoffhaltige, stickstofffreie und unorganische Bestandtheile, die theilweise hier noch zu irgend welchen Zwecken dienen sollen, entzogen. Wir bemerken dabei nachträglich, daß von der Menge des in den Nahrungsmitteln genossenen Stickstoffs nach Bischoff's u. A. Berechnung nur etwa $^2/_3$ im Harnstoff des Harnes aus dem Organismus ausgeschieden werden, und daß es nicht unwahrscheinlich ist, daß wenigstens

*) Eine Talgdrüse aus dem Nasenflügel eines Menschen (senkrechter Durchschnitt, 50mal vergrößert). a Epidermis. b Malpighi'sches Schleimnetz. c Lederhaut. d Unterhautzellgewebe. e Ausführungsgang der ganz mit Fettzellen erfüllten Drüse. (Nach Ecker a. a. O. Taf. XVII.)

ein Theil des noch übrigen $1/3$ in der Haut seinen Ausweg findet. Was aber die Quantität der überhaupt durch die Haut ausgeschiedenen Stoffe anbetrifft, so läßt sich darüber um so weniger etwas Bestimmtes angeben, als einmal die Ausgaben durch die Haut kaum für sich allein, d. h. ohne die gleichzeitig stattfindenden Ausgaben in den Lungen, bestimmt werden können, andrerseits aber auch die Hautausgaben selbst, je nach der Thätigkeit der Haut in Folge von Bewegung, äußerer Temperatur u. s. w., äußerst variabel sind. Nur im Allgemeinen wissen wir, daß der Organismus in Folge dieser Ausgaben nicht unbeträchtlich an Gewicht verliert, und daß sich unter Umständen dieser Verlust in $1/2$ Stunde selbst auf $1/4$ Pfund und mehr belaufen kann.

Aehnliche Schweißdrüsen wie bei dem Menschen finden sich bei vielen Säugethieren. Bei den Vögeln dagegen fehlen sie, und mit Bergmann dürfen wir vermuthen, daß dieser Mangel vielleicht in Uebereinstimmung steht mit einem geringern Wassergehalte des leichten Vogelkörpers überhaupt. Außer den Lungen, dem Darmcanal und den Nieren bedurften die Vögel keiner besondern Auswege für das Wasser, der rege Oxydationsproceß in ihnen machte aber gleichzeitig auch für andere Stoffe, die bei den Thieren durch die Schweißdrüsen ausgeschieden werden, einen besondern Ausweg entbehrlich. Auch den Amphibien und Fischen fehlen besondere Schweißdrüsen. Während aber die Vögel in der oberhalb des Schwanzes gelegenen sog. Bürzeldrüse eine Drüse besitzen, die ein fettiges Secret liefert, mit welchem die Federn von den Thieren selbst verputzt werden, damit sie der Einwirkung des Wassers, Regens u. s. w. weniger unterliegen, ist die Haut der Amphibien, und namentlich der nackten, reichlich mit Drüsen ausgestattet, die einen mehr oder weniger scharfen, selbst giftigen Absonderungssaft, zum Schutze gegen angreifende Feinde, liefern. Die Haut der Fische ist dagegen nur mit einem gegen die Einwirkung des Wassers schützenden schleimigen Ueberzuge versehen, der aus einer Auflösung der obersten Hautschicht zu entstehen, nicht aber von besondern Drüsen geliefert zu werden scheint.

Außer den genannten gehören der Haut der Säugethiere nun noch besondere Drüsen an, die einmal zur Production der den Jungen zur

Nahrung dienenden Milch, andrerseits zur Erzeugung eigenthümlicher, weniger in ihrer physiologischen, als arzneilichen Bedeutung bekannten Stoffe dienen. Es zählen hierher die Milchdrüsen, die Drüsen des Moschusthieres, des Biebers, die den Moschus und das Castoreum (Bibergeil) liefern u. s. w. Auch all diese Drüsen beziehen selbstverständlich das Bildungsmaterial für ihre Absonderungssäfte aus dem Blute, und für die den Speicheldrüsen ähnlich gebauten Milchdrüsen steht es fest, daß die sie auskleidenden Drüsenzellen in ähnlicher Weise an der Bildung der Milch betheiligt sind, wie die Drüsenzellen der Speicheldrüsen bei der des Speichels. Wir wissen selbst, daß sich diese Zellen namentlich mit Fett füllen, losgestoßen und vorwärtsgeschoben werden, zerplatzen, und somit der Milch ihren Fettgehalt zuführen. Wiederum also der Zellenbildungsproceß als Vermittlungsglied für die Herstellung gewisser organischer Verbindungen! Welches nun aber die Ursachen sind, die in den Milchdrüsen die Bereitung der insonderheit aus Käsestoff, Eiweißstoff, Milchzucker, Butter, phosphorsauren Salzen und Wasser bestehenden Milch, in den Speicheldrüsen aber die Bereitung des Speichels bedingen, wissen wir eben so wenig, als uns die ursächlichen Momente der Gallebereitung in der Leber, der Harnabscheidung in den Nieren u. s. w. bekannt sind. Auch hier bleibt uns nichts übrig, als vorläufig an die oftberegten, in dem Organismus waltenden electrischen Kräfte wenigstens zu denken. —

Den Wirbellosen fehlen Drüsen, die den Schweißdrüsen der Säugethiere an die Seite gestellt werden könnten. Der elastische, von Feuchtigkeit durchdrungene Panzer vieler Gliederthiere, die stets feuchte Haut vieler Weichthiere, die ebenfalls feuchte Haut der Würmer u. s. w. lassen jedoch keinen Zweifel zu, daß auch an der Haut dieser Thiere ständig eine Verdunstung Statt hat, ja bei den Würmern und vielen niedern Thieren (Infusorien, Polypen u. a.) vertritt diese Verdunstung ganz und gar die Function der fehlenden Athmungsorgane. Die Kenntniß von den quantitativen und qualitativen Verhältnissen des Stoffwechsels bei all diesen Thieren läßt jedoch noch Vieles zu wünschen übrig, und wir sind bis dahin zum großen Theil nur auf Vermuthungen angewiesen. — Es besitzen dagegen manche Wirbellose besondere Drüsen, welche der Absonderung besonderer Nutzstoffe dienen,

und sind dieselben auch keineswegs in der Haut selbst gelagert, so rechnen wir sie doch in so fern hierher, als sie auf ihr ausmünden. Das Wachs der Honigbienen wird ohne Beihülfe besonderer Drüsen zwischen den dachziegelförmig über einander liegenden Bauchschienen, durch die Verbindungshaut derselben hindurch abgesondert, sammelt sich in Form kleiner Schüppchen an und wird dann mit Hülfe der Mandibeln wieder verarbeitet. Ansehnliche Drüsen bilden dagegen sowohl die Spinnorgane der Larven gewisser Insekten (Seidenraupe u. a.), als diejenigen der Spinnen. Im erstern Falle liegen die Drüsen fast überall in Form langer Blindschläuche zur Seite der Speiseröhre und münden auf der Unterlippe; im letztern dagegen befinden sie sich im Hinterleibe und münden mit sehr zahlreichen Oeffnungen auf den kegelförmigen, am hintern Ende des Körpers gelegenen sog. Spinnwarzen. Das Secret dieser Drüsen scheint wesentlich aus einem stickstoffhaltigen Stoff zu bestehen, welches, in Fäden ausgezogen, an der Luft sofort zu einer glasartigen Substanz erhärtet. Von der unendlichen Feinheit dieser Fäden macht man sich einen Begriff, wenn man erfährt, daß in manchen Arten „erst 14000 derselben die Dicke eines gewöhnlichen Nähfadens" (Leuckart) erreichen. — Auch die schleimige Absonderung des Fußes unserer Schnecken, die ihren Weg „als glänzende Bahn" bezeichnet, verdankt ihren Ursprung einer reichen Anzahl von Drüsen; und die Oberhaut der gehäusetragenden Mollusken ist nicht minder zum Aufbau und zur Vergrößerung des Gehäuses mit sog. Kalk- und Pigmentdrüsen versehen, die einmal eine sehr kalkreiche Flüssigkeit und andrerseits die Farbstoffe liefern, durch welche die Gehäuse so mancher Weichthiere ausgezeichnet sind. Sei es endlich auch noch erwähnt, daß das sog. Leuchten vieler niederer Thiere und namentlich der Infusorien, welche die prachtvolle Erscheinung des Meerleuchtens bedingen, zum großen Theil wahrscheinlich durch besondere, von der Haut dieser Thiere abgesonderte Stoffe (nach Heller's Untersuchung eiweißartige Stoffe in Verbindung mit Fett) bedingt ist. Es ist in dieser Beziehung bemerkenswerth, daß die den Körper mancher der in Frage stehenden Thiere überziehende schleimige Masse, auch getrennt von ihm noch leuchtet, daß bei andern wieder das Leuchten von einem aus jenen Thierstoffen sich bildenden Pilz (Sarcina

noctiluca) abhängig zu sein scheint. *) Immerhin liegt aber dennoch in Ehrenberg's Worten: „die Lichtentwicklung der Meeresinfusorien gleicht, meiner Erfahrung nach, ganz einer wiederholten electrischen Entladung" **) ein Hinweis auf die Betheiligung electrischer Kräfte an diesem auffallenden Phänomen und das Leuchten auch jener Substanzen und Pilze an und für sich ist durch den Nachweis ihres Vorhandenseins noch nicht erklärt. — Die nähere Betrachtung all dieser einzelnen, so überaus interessanten Lebenserscheinungen der Thierwelt dürfen uns hier jedoch nicht länger fesseln. Wir entnehmen aus der Andeutung derselben nur den für unsere Darstellung erheblichen Schluß, daß auch die Haut durch die ganze Thierreihe hindurch als wichtiges Ausscheidungsorgan gewisser Auswurfsstoffe, die aus der Metamorphose der Körper- und Nahrungsbestandtheile hervorgehen, eine Rolle spielt, und der Nachweis stickstoffhaltiger Verbindungen in diesen Hautausscheidungen, insonderheit bei niedern Thieren, mag uns die Möglichkeit vor die Augen führen, daß da, wo besondere Harnorgane fehlen, die Haut und der Darmcanal, oder gar die Haut allein die Abscheidung der metamorphosirten stickstoffhaltigen Nahrungsbestandtheile übernehmen kann, — so wenig wir auch noch über die Natur der auszuscheidenden Verbindungen auszusagen vermögen. —

Unsere Aufgabe ist beendet. In flüchtigem Umriß haben wir den Zerfall der Gewebs- und Blutbestandtheile und die Ausscheidung der Produkte dieses Zerfalls aus dem thierischen Organismus gezeichnet, haben die Auswurfsstoffe selbst bis dahin begleitet, wo sie wieder Bestandtheile der Pflanze werden, wo sie einen neuen Kreislauf beginnen. Auch die letzterwähnten flüssigen oder festen Produkte der Haut und ihr zugehöriger Drüsen kehren nach kürzerer oder längerer Frist in die schon einmal durchlaufene Bahn zurück. Der Seidenfaden,

---

*) Heller: Ueber das Leuchten im Pflanzen- und Thierreich. Archiv für physiologische und pathologische Chemie und Mikroscopie. 1853. Heft 7.

**) Ehrenberg a. a. O. S. 529 u. 258.

den die Raupe spinnt, wird durch die kunstreiche Hand des Menschen zu Geweben aller Art verflochten, das bis zu Lumpen abgenutzte Gewebe wandert in die Maschine, die aus ihnen noch das Material bereitet, welches unsre Gedanken in weite Ferne trägt, bis endlich auch der Tag des Unterganges unserer Schriftzeichen und Bücher nahet, bis die Vermoderung oder die Verbrennung auch sie wieder in das Reich der unorganischen Körper zurückführt, sie, die im letzten Gliede aus diesem Reiche herstammten, um nach dem Durchlaufen des Pflanzen- und Thierkörpers noch Zwecken zu dienen, ohne deren Erfüllung der Mensch nicht die Stufe der Cultur erreicht haben würde, die er bis dahin schon, und auf immer weiteren Gebieten, errungen hat. — Schon die oberflächliche Einsicht in diesen ewigen Kreislauf des Stoffes hat etwas so wunderbar Erhebendes, daß man sich schwer von dem weiteren Verfolge desselben trennt. Es erreicht diese Erhebung den höchsten Grad in der Betrachtung der wunderbaren Resultate, welche in diesem Kreislauf des Stoffes aus den verschiedenartigsten Combinationen der Stoffe selbst und der sie beherrschenden Kräfte hervorgehen, Combinationen, deren Eintritt uns als die Realisation einer ursprünglichen schöpferischen Idee gilt. Doch, wir wiederholen es auch hier, wie dürftig muß zur Zeit noch ein jeder Versuch einer Zeichnung dieses Kreislaufs mit seinen tausendfältigen Verschlingungen ausfallen! Ausgehend von den Stoffen, die die uns zunächst umgebende Welt zusammensetzen, wollten wir es versuchen, die allmählige Entwicklung dieser Welt nach dem heutigen Standpunkte unserer noch überall beschränkten Einsicht zu zeichnen, die Mittel und Wege, auf denen der Bestand der jetzigen uns zunächst umgebenden Welt ermöglicht wird, anzudeuten, den Grund endlich und das Zustandekommen der Lebenserscheinungen, welche diese Welt darbietet, so weit es zur Zeit möglich ist, in allgemeinen Umrissen darzustellen. Der Zielpunkt der Naturforschung, der Wege, die sie einzuschlagen hat, um zu ihnen zu gelangen, sind wir uns nicht unbewußt. Allein größer ist zur Zeit noch die Anzahl der ihrer Lösung wartenden Fragen, als die Zahl der Thatsachen, auf denen sich eine allgemeine Physiologie begründen läßt. Aber der Trieb, die Gränzen des Wissens weiter und weiter auszudehnen, ist auch ein natürlicher Ausfluß des Gemüthes,

welches nicht unempfänglich ist für die erhabenen Werke des Schöpfers. Und so begründet sich die Hoffnung, daß das Streben auf dem Gebiete der Naturforschung stets ein reges und unermüdetes sein und bleiben wird, und wir uns mehr und mehr der Möglichkeit einer klaren Darstellung des zusammenhängenden Ganzen nähern, dessen Erkenntniß nicht nur den höchsten Ideen der Menschheit, sondern auch ihren mannigfachen praktischen Bestrebungen zur Grundlage dienen muß. —

unbedingt unentbehrlich ist für die erhabenen Werke des Schöpfers, uns so beschränkt sich die Hoffnung, daß das Streben auf dem Gebiete der Naturforschung stets ein reges und unermüdetes sein und bleiben wird, und wir uns mehr und mehr der Möglichkeit einer klaren Erschließung des zusammenhängenden Ganzen nähern. Solche Erkenntniß nicht nur dem höchsten Streben der Menschheit, sondern auch ihren mannigfachen praktischen Bestrebungen zur Grundlage dienen muß.

Fünfzehnter Vortrag.

Schlußbetrachtungen
mit besonderer Berücksichtigung des gegenwärtigen Standpunktes und der Aufgaben einer rationellen Diätetik des Menschen.

Fünfzehnter Vortrag.

Schöpfungsbetrachtungen
mit besonderer Berücksichtigung des gegenwärtigen Standpunktes und der Aufgaben einer rationellen Diätetik des Menschen.

Wir haben in kurzer Zeit einen weiten Weg zurückgelegt. — Gleich dem Reisenden, der nach langer Wanderung heimkehrt, führt uns die Erinnerung eine bunte Menge von Bildern vor, und es ist keine leichte Aufgabe, den natürlichen Zusammenhang derselben und die hervorragendsten Punkte eines jeden fest und klar im Gedächtniß zu halten. — Doch das alltägliche Leben nimmt uns wieder auf. — Wie bei dem Reisenden, so weicht auch bei uns die vielseitige Bewegung der frühern Ruhe. — Klarer und deutlicher hebt sich jetzt allmählig von all dem Gesehenen und Erlebten, dessen wir uns oftmals mit Hülfe unserer Blätter erinnern, eine Reihe von Vorstellungen ab, welche den Kern unserer Erfahrungen in sich schließt; — und diese zu Anderer und eigenem Nutzen zu verwerthen ist das Streben, welches uns in den gewohnten Wirkungskreis begleitet. —

Die äußersten Grenzen unseres Weges haben wir weiter gesteckt, als es bei ähnlichen Unternehmungen bis dahin zu geschehen pflegte. Die Entwicklungsgeschichte des Erdkörpers und die Verschiedenheit der zu verschiedenen Altersperioden auf ihm existirenden Organismen haben wir in das Bereich der Betrachtung gezogen. — Doch es sei auch hier wiederholt, daß eben diese Entwicklungsgeschichte ein nothwendiges Fundament bildet für die Betrachtung des Geschehens in der uns gegenwärtig umgebenden Natur, und daß viele der in dieser Betrachtung entspringenden Fragen gar nicht zu behandeln sein würden, ohne eine einigermaaßen genaue Kenntniß der Thatsachen, welche sich auf jene erstere beziehen. Die vielgestaltige Oberfläche der Erde ist der Boden, den wir betreten, auf dem oder in dessen wassererfüllten Tiefen die uns

bekannten Organismen leben und weben. Aber die Kenntniß dieses Bodens, seiner allmähligen Entwicklung und seiner ständig fortdauernden Metamorphosen ist auch der Boden für die Lehre von dem Leben der Organismen der Gegenwart, und die tiefere Erforschung dieses, sei es in seinen normalen oder in seinen abnormen Erscheinungen, kann jener nicht mehr entbehren.

Wir haben weiterhin den vorgezeichneten Weg rasch durchlaufen, rascher vielleicht, als es Manchem, der ihm theilnehmend folgte, gefallen, und rascher, als es uns selbst, gefesselt durch das Interessante des Gegenstandes, hie und da lieb sein konnte. — Doch es war uns von vorn herein nur um eine richtige Gesammtanschauung des Gebietes zu thun, durch welches der Weg führte, und wer mit Ernst dem Gewinne einer solchen nachstrebte, dem kann dieselbe nicht nur nicht entgangen sein, er wird mit ihr vielmehr auch schon eine Reihe allgemeiner Vorstellungen und thatsächlicher Kenntnisse gewonnen haben, deren Besitz das Bedauern mindert über Tage und Orte, an denen uns ein trüber Himmel die Fernsicht verschloß.

Wir gedachten in unserer Einleitung der Erhebung und Beruhigung des Gemüthes, welche die eingehende Naturbetrachtung herbeizuführen vermag, und bezeichneten diesen ihren Einfluß als einen wesentlichen Grund für das rege Interesse, welches ihr in neuerer Zeit auch von dem Laien zugewandt wird. Sollte aber nicht auch schon bei einem flüchtigen Durchblättern der gegebenen Skizzen dieser Einfluß hie und da fühlbar geworden sein? — Nicht minder erregt das Bild die Bewunderung, welches in weiten Zügen den ewigen Kreislauf des Stoffes malt, als der eine Blick durch das Mikroscop, der uns den zarten Bau der Sehnervenhaut enthüllt; nicht minder staunend sehen wir der Nervenfaser den electrischen Strom entlockt, als den Pflanzensaft in tausend Zellen emporsteigen und zu Nahrungsstoffen des Thieres metamorphosirt. Dem Auge des Beschauers, wie der Hand des Forschers hält die Natur dabei überall willig still, und in der sinnigen Betrachtung und Beschäftigung mit ihr überkommt ihn selbst eine willkommene, wohlthätige Ruhe. — Wir legten weiter unsern Weg unter dem Eindruck einer Zeit zurück, in welcher von Neuem ein heißer Kampf um die Wahrheit oder Irrthümlichkeit der höchsten Ideen der

Menschheit entbrannt ist, ein Kampf, der mit bedauernswerther Erbitterung gekämpft wird. Bewegt von oen Ereignissen dieser Zeit, konnten wir es nicht unterlassen, auch ihnen einen prüfenden Blick zuzuwerfen. Waltete aber nicht überall die ewige Ordnung? Trat uns irgendwo ein Widerspruch, ein willkürlicher, unbeabsichtigtigter Kampf feindlicher Elemente entgegen? Verräth sich nicht überall die schöpferische Idee, die leitende ordnende Hand? „Wohl, oberflächlich betrachtet, leitet die Naturforschung von Gott ab, tiefer verfolgt aber führt sie zu ihm zurück.“ — Es ist sonder Zweifel wahr, — und wir sprachen unsre Ansicht bereits dahin aus —, die Naturforschung ist nur bis zu einer gewissen Gränze hin zur Entscheidung der Fragen berechtigt, um welche es sich in dem gegenwärtigen Kampfe handelt. Aber es sind diejenigen, welche die Ergebnisse derselben gänzlich ignoriren zu dürfen meinen, sicher eben-so sehr im Unrecht, als diejenigen, welche der Beschränktheit unserer Sinne vergessen, und erhält damit die Naturforschung die Bedeutung eines wesentlichen Bildungsmittels für unsere religiösen Anschauungen, so kann ihr höherer Werth nur um so weniger fraglich sein. — Derselbe eben erwähnte Kampf regte ferner von Neuem die Frage nach dem Vorhandensein einer besondern, in den Organismen waltenden Lebenskraft an. Die Frage ist selbstverständlich für die gesammte Auffassung der Lebenserscheinungen in der uns umgebenden Natur von eingreifendster Wichtigkeit, und nur um so mehr gingen wir in Kürze auf sie ein. Wenn wir aber diejenigen tadeln zu müssen glaubten, welche sich in Ueberschätzung unseres zur Zeit dürftigen Wissens schon berechtigt halten, mit aller Bestimmtheit das Vorhandensein einer Lebenskraft zu behaupten, wenn wir hervorhoben, daß das Gebiet der naturwissenschaftlichen Thatsachen noch viel zu wenig übersehen werde, um schon die Möglichkeit in Abrede zu stellen, daß die in den Organismen waltenden Naturkräfte in einer noch ungeahnten Weise die Eigenthümlichkeiten der Lebenserscheinungen bedingen, so wiesen wir damit zugleich auf ein Resultat der Naturforschung hin, welches wir nicht hoch genug anschlagen zu können meinen. Es führen die mannigfachen, unserer Deutung unzugänglichen Natur- oder Lebenserscheinungen zu der richtigen Erkenntniß unserer Schwäche, zu jener Tugend, welche den bewundernswerthen Leistungen einzelner Männer erst die

wahre Weihe giebt, und nur wo sich diese, wo sich die Anspruchslosigkeit dem Streben vereint, ist ein fruchtbringendes und erfreuliches Wirken zu erwarten. Die nie zu umgehende wissenschaftliche Discussion wird in neuerer Zeit nur zu oft verleidet durch den Egoismus der Betheiligten. Es giebt aber, abgesehen von den unerquicklichen Aeußerungen desselben, kein größeres Hinderniß für den Fortschritt der Wissenschaft, als eben ihn, und wer da strebt, der sollte nie vergessen, daß er irren kann. Wissen wir denn schon, — um nochmals auf die Lebenskraft zurückzukommen —, wie sich die unzweifelhaft im Thierreich, wie im Pflanzenreich in Frage kommenden electrischen Kräfte in den Organismen selbst verhalten? Ahnen wir nur die Größe und das Wie? ihres Eingriffs nach kaum gewonnener Kenntniß ihres Vorhandenseins? Täglich bewundern wir den einfach construirten Apparat, der unsere Worte im Augenblick meilenweit forträgt, und wir sollten die Möglichkeit ableugnen, daß der complicirte Mechanismus des thierischen Organismus noch ungleich wunderbarere, bis dahin aber ganz außer unserer Berechnung liegende Resultate herbeizuführen im Stande sei? — Das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer individuellen menschlichen Seele haben wir als Sache des Glaubens bezeichnet. Es ist eine wissenschaftliche Thatsache, daß rein psychische Bewegungen, und zwar mittelst des Nervensystems, mächtige Veränderungen in dem Ablauf der Lebenserscheinungen hervorzurufen vermögen. Eine wissenschaftliche Thatsache ist es ferner, daß unsere sinnlichen Wahrnehmungen, so wie unsere Geistesthätigkeiten und Denkbewegungen an ein materielles Substrat, und zwar wiederum an das Nervensystem gebunden sind. Aber auch ihr Zustandekommen ist uns ein vollkommenes Räthsel. Die gesammte Reihe der übrigen Lebenserscheinungen der Organismen läßt sich dagegen möglicherweise als auf bestimmten Combinationen der überall in der Natur aufzufindenden Stoffe und Kräfte beruhend betrachten, denn nochmals sei es hervorgehoben, von der eigenthümlichen Größe und von dem Wie? des Waltens dieser Kräfte in den Organismen haben wir bis dahin kaum eine Ahnung, und so lange unsre Einsicht an dieser Beschränktheit leidet, würde es unrichtig sein, außergewöhnliche Kräfte, und also eine Lebenskraft, zu irgend welchen Erklärungen zu Hülfe zu nehmen.

So ist die Naturforschung nicht ohne mächtigen Einfluß auf das Gemüth, nicht ohne Bedeutung für unsre gesammte Weltanschauung, nicht ohne Einfluß auf die allgemeine Ausbildung des einzelnen Menschen. — Doch wenden wir den Blick auch nach der andern Seite. Gedenken wir auch der praktischen Consequenzen, welche uns unsre nur flüchtigen Betrachtungen an die Hand gaben —, und wahrlich, wir kehren auch in dieser Beziehung nicht arm heim. Hier eben bieten sich manche der Resultate dar, die wir, gleich dem Reisenden, mit in den alltäglichen Wirkungskreis hinübernehmen sollen, um sie nunmehr zu Anderer oder eigenem Nutzen zu verwenden.

Rufen wir nur einige dieser Ergebnisse in das Gedächtniß zurück, so führt uns die Kenntniß vom Kreislauf des Stoffes, als des Mittels zur Erhaltung des Bestehenden, unmittelbar zu der Anschauung hin, daß der Ackerboden, dem wir alljährlich eine auf ihm erstehende Frucht hinwegnehmen, oder der Organismus, der Tüchtiges leisten soll und unter allen Umständen in Folge des Lebensprocesses selbst gewisse Ausgaben zu bestreiten hat, vor Allem einer quantitativ und qualitativ geregelten Zufuhr von Nahrungsmitteln, des genauen Ersatzes der ihm in dieser oder jener Form entzogenen Bestandtheile bedarf, und wie also für die Landwirthschaft in einer rationellen Düngungsmethode und Wechselwirthschaft, so muß für den thierischen und menschlichen Organismus in einer rationellen Diätetik die wesenliche Grundlage alles Gedeihens liegen. Eine rationelle Düngungsmethode kann aber nur darin bestehen, daß dem Ackerboden, abgesehen von denjenigen Bestandtheilen, welche die Pflanze ständig aus der Luft beziehen kann, genau diejenigen Bestandtheile wieder zugeführt werden, welche ihm mit einer oder mehren Erndten entzogen sind, und wenn diese Bestandtheile keine andre sind, als diejenigen, welche das Thier, nach tausend Umwandlungen in seinem Organismus, wieder ausscheidet und aus denen es selbst besteht, so folgt daraus von selbst, daß mit dem Verlust von Düngermassen und Verwesungsstoffen des thierischen Organismus für die fruchttragenden Felder auch die Aussicht auf dauernde Ertragsfähigkeit derselben verloren geht. Daraus aber ergiebt sich wieder unmittelbar nicht nur das Wünschenswerthe und Vortheilhafte geeigneter städtischer Einrichtungen zur Conservirung der jetzt noch meistens ver-

worfenen und fortgeschwemmten Düngermassen, es erhellt daraus auch die Rationalität der Anwendung des Guano (der Excremente der Seevögel), des aus entölten und getrockneten Fischen dargestellten sog. Fischpulvers, des sog. Blut-Düngers u. s. w. zur Düngung unserer von Jahr zu Jahr an phosphorsauren Erden und stickstoffhaltigen Verbindungen ärmer werdenden Felder. *) — Im Verlaufe all unserer Betrachtungen des Stoffwechsels im pflanzlichen sowohl, als thierischen Organismus, haben wir es ferner hervorgehoben, daß die Neubildung sowohl, als die Rückbildung oder der Zerfall der organischen Formbestandtheile, ja daß der gesammte Lebensproceß zum großen Theil abhängig ist von der Gegenwart einer gewissen Quantität unorganischer (mineralischer) Verbindungen. Man hat aber bisher, insonderheit in Betreff der Diätetik des Menschen, vorzugsweise und fast ausschließlich den organischen Verbindungen die Aufmerksamkeit zugewandt. Weist uns also die Physiologie nicht wieder unmittelbar auf das bisher Mangelhafte einer unserer wichtigsten Doctrinen hin? Lehrt sie uns nicht,

---

*) Das von Herrn Démolon aus Fischabfällen und ungenießbaren Fischen bereitete sog. Fischpulver enthält in 100 Th.:

Wasser	1,00 Th.
Stickstoffhaltige organische Substanz	80,10 „
Auflösliche Salze, vorzugsweise aus Chlornatrium, kohlensaurem Ammoniak und Spuren von schwefelsaurem Ammoniak bestehend	4,50 „
Phosphorsauren Kalk und phosphorsaure Magnesia	14,10 „
Kohlensauren Kalk, Kieselerde u. s. w.	0,30 „

Der Preis dieses Fischpulvers ist billiger als der des Guano, welcher im Mittel nur 10 Proc. Stickstoff und 14 Proc. phosphorsaure Salze enthält. (Payen: Précis de Chimie industrielle. 3ème édit. 1855. Paris.) In Dingler's polytechnischem Journal 1856. Januar, wird der Mittheilung des Démolon'schen Verfahrens u. s. w. folgende Notiz beigegeben:

„Der Kabliaufang auf der Insel Neufundland liefert jährlich, die „Fische frisch gerechnet, über 1,400,000 Tonnen, wovon 700,000 Tonnen benutzt, und 700,000 ins Meer oder an das Ufer geworfen werden. Würden diese 700,000 Tonnen Fischabfälle gekocht, ausgepreßt, „getrocknet und gepulvert, so erhielte man damit 150,000,000 Klgrm. „eines Düngpulvers, welches dem besten peruanischen Guano gleichkommt."

den unorganischen Bestandtheilen der Nahrungsmittel, der Pflanze sowohl, als des Thieres, die sorgfältigste Aufmerksamkeit zuzuwenden? „Es gehören," wie Liebig so treffend sagt, *) „nicht viele chemische Kenntnisse dazu, um einzusehen, daß die Ermittlung des Gesetzes der Abhängigkeit der Functionen und Beschaffenheit des Blutes von der Natur und Quantität der unverbrennlichen Bestandtheile (der Nahrungsmittel), der unterste Stein der Grundlage der Medicin und Physiologie, und daß es vollkommen thöricht ist, vor der Legung dieses Steins, welcher die Lösung aller Fragen der thierischen Oeconomie trägt, an eine rationelle Heilwissenschaft," — und setzen wir hinzu, an eine rationelle Diätetik — „auch nur zu denken." — Die Kenntniß von den den Stoffwechsel im menschlichen Organismus bedingenden Momenten sagt uns, um eines dritten Resultates zu gedenken, daß das Nervensystem unter diesen Momenten eine überaus hervorragende Rolle spielt. Eine Excitation des Nervensystems beschleunigt, eine Depression verzögert den Ablauf der Stoffmetamorphosen. Ergeben sich daraus aber nicht wieder unmittelbar die wichtigsten praktischen Consequenzen? Es folgt daraus nicht nur, daß der Arzt bei Ertheilung irgend welcher diätetischer Vorschriften insonderheit auf den jedesmaligen Zustand des Nervensystems des Erkrankten Rücksicht zu nehmen hat, — und, wie es scheint, wird diese Rücksicht nicht immer genugsam beachtet —, nicht nur, daß eine einsichtsvolle Anwendung der neuerdings vielfach als überflüssig betrachteten, ihre Erstwirkung auf das Nervensystem ausübenden Arzneimittel unter Umständen eine sehr empfehlenswerthe sein kann, — und wahrlich, der therapeutische Nihilismus der neuern Zeit wird dieser Wahrheit weichen müssen —, es dient die Kenntniß jenes Verhältnisses auch dem Laien zur Mahnung, je nach den leicht zu beurtheilenden Zuständen seines Nervensystems, je nach der größern oder geringern Frische seines Befindens, bestimmte Modificationen in seinem gesammten Verhalten, und namentlich in seinen diätetischen Maaßnahmen zu treffen, denn nur so werden sich tiefere Störungen der Gesundheit fern halten lassen. Nichts ist unrichtiger, als der so oftmals vorkommende Versuch, verlorene Kräfte durch große Mengen sehr nahrhafter

---

*) Chemische Briefe 1851. S. 519.

Speisen wiederzugewinnen; mit aller Bestimmtheit stellt der Verfasser die Behauptung auf, daß eine große Anzahl der die Menschheit heimsuchenden chronischen Krankheiten auf dem Mißverhältniß zwischen einem geschwächten Zustande des Nervensystems und dem Genuß großer Quantitäten kräftiger Nahrungsmittel beruht. Ein ruhiges, regelmäßiges Leben, ein stiller Landaufenthalt u. s. w., verbunden mit einer zeitweiligen Resignation auf bedeutende Leistungen und einer mäßigen, mehr anregenden, als nährenden, je nach der Individualität aber näher zu bestimmenden Diät sind bei jenem Zustande der Depression die wichtigsten Heilmittel. Nur mit ihrer Hülfe wird das Nervensystem zu dem Normalzustande seiner Energie zurückkehren können, und mit seiner zunehmenden Empfänglichkeit für zerstreuende und aufheiternde Genüsse wird die Anzeige gegeben werden nicht nur zu allmähligen Zulagen in der Diät, sondern auch zu dem Versuche allmählig gesteigerter Leistung. —

Das sind nur einzelne, wenige praktische Ergebnisse, die sich mit Leichtigkeit aus den voranstehenden Betrachtungen ableiten lassen. Tiefer auf dieselben einzugehen, gestatten uns Raum und Zeit leider nicht, und es wird in der That auch immer die Aufgabe besonderer Arbeiten sein und bleiben müssen, diese Consequenzen ausführlicher zu entwickeln, während das, was wir gegeben, nur als die Basis solcher Arbeiten und des Verständnisses derselben betrachtet werden darf und soll. — Wenn es dem Verfasser jedoch besonders am Herzen liegt, die Ergebnisse strenger physiologischer Forschung für die körperliche und geistige Erziehungslehre und Gesundheitspflege des Menschen zu verwerthen, wenn er dafür hält, daß in solcher Verwerthung eine der wesentlichsten wissenschaftlichen Lebensaufgaben des Arztes besteht, so möge es ihm vergönnt sein, den hier gebotenen Raum noch zu einem nähern Eingange auf nur ein, und zwar eins der bedeutungsvollsten jener Ergebnisse zu benutzen, und damit den voranstehenden Vorträgen eine vielleicht nicht fruchtlose Beigabe zu geben. —

Die Grundlage alles menschlichen Gedeihens ist, wie wir oben schon bemerkten, ein richtiges diätetisches Verhalten. Um so mehr aber, als in Betreff der Diätetik des Menschen noch so manche irthümliche Ansichten verbreitet sind, um so mehr, als der Umfang der dabei

in Betracht kommenden Fragen noch so wenig richtig gewürdigt wird, ist eine genaue Bekanntschaft mit den Grundsätzen und Aufgaben einer rationellen Diätetik eben so wünschenswerth als erforderlich, und so mag eine kurze Skizze nicht nur von dem, was auf ihrem Gebiete bereits geleistet ist, sondern auch dessen, was hier die nächste Zukunft zu leisten hat, die Aufgabe sein, welche wir den noch folgenden Blättern zuertheilen. — Der Verfasser verkennt es nicht, daß er damit, streng genommen, das Gebiet seiner zu Anfang bezeichneten Aufgabe überschreitet. — Wenn sich jedoch in dem Verlaufe der voranstehenden Vorträge, ohne daß der Zusammenhang derselben eine nachtheilige Störung erlitten haben würde, keine geeignete Gelegenheit auch nur zu einer dem Ganzen angemessenen Berührung diätetischer Fragen darbot, wenn erst jetzt, nach erlangter Kenntniß von dem Bau und den einzelnen Acten des physiologischen Geschehens im menschlichen Organismus ein Verständniß der in Frage stehenden Gegenstände möglich ist, und wenn es absichtlich bis dahin unterlassen wurde, den Nahrungsmitteln des Menschen eine eingehendere Betrachtung zu widmen, so mag darin eben so wohl eine Rechtfertigung für ihn gefunden werden, als in der überaus hohen Bedeutung, welche der Gegenstand selbst für das praktische Leben besitzt. —

Ein jeder Mensch steht zu seinem eignen Organismus in einem durchaus ähnlichen Verhältniß, wie der Landwirth zu seinem Ackerboden. Beide, der Organismus wie der Ackerboden, bedürfen der Zufuhr von Nahrungsmitteln, mannigfacher Bearbeitung und sorgfältiger Pflege, falls sie leistungsfähig erhalten werden und Früchte tragen sollen. Von der Art der Düngung und Pflege hängt die Beschaffenheit der Frucht ab, und der Landwirth sowohl, wie der einzelne Mensch, besorgen diese Pflege nach hergebrachten Gewohnheiten so lange selbst, bis sich etwa durch sparsamen Fruchtertrag oder durch gänzliche Fruchtlosigkeit ein Fehler in der Cultur oder eine Krankheit des Organismus selbst verräth. — Während nun aber die Agricultur, in Folge weiterer Verbreitung richtiger und von der fortschreitenden Wissenschaft entwickelter Principien, in den letzten Decennien einen überaus bedeutenden Aufschwung genommen hat, während einsichtsvolle Landwirthe und

Chemiker Hand in Hand gehen, um ihre praktischen und theoretischen Erfahrungen zu vereinigen, während in landwirthschaftlichen Versammlungen die Resultate vereinzelter Beobachtungen zusammengetragen werden und landwirthschaftliche Bildungsanstalten an vielen Orten bereits Sorge tragen, die Fundamentalkenntnisse für einen segensreichen Betrieb des Ackerbaues bis auf jeden Bauernhof hin zu verbreiten, ist es anders mit der Körper- und Gesundheitspflege des Menschen. Alltäglich begegnet man in dieser Beziehung, — und nicht nur unter den Laien, sondern selbst unter den Aerzten —, den oberflächlichsten und widersprechendsten Anschauungen; trotz alles Redens von der Bedeutsamkeit der Diätetik ist die richtige Application bereits festgestellter diätetischer Grundsätze auf Heilkunde und Gesundheitspflege überhaupt immer noch Sache individueller Ueberzeugung und Bestrebung; die alljährlichen Versammlungen der Aerzte und Naturforscher erfüllen ihre große und schöne Aufgabe nur zum Theil; und Thür und Thor sind nach wie vor dem heilkünstlerischen Charlatanismus geöffnet. — Die Schuld dieser noch leidigen Verhältnisse trägt zum Theil die Wissenschaft selbst. Die Wirkung der verschiedenen Nahrungs- und Genußmittel des Menschen auf seinen Organismus ist in mancher Beziehung noch zu wenig sicher eruirt, und es bedarf in dieser Hinsicht fortgesetzter, und zwar gemeinschaftlicher Studien der Physiologen und Aerzte. Eine reiche Anzahl bedeutungsvoller Thatsachen ist aber bereits auch festgestellt, und daß diese bis dahin im Allgemeinen nur wenig praktisch verwerthet werden, ist nicht sowohl Schuld der Laien, die von der tiefeingreifenden Bedeutung jener Thatsachen kaum einen Begriff, geschweige denn eine genaue Kenntniß haben können, als vielmehr der Aerzte, die, wie es scheint, den Fortschritten der Wissenschaft nicht folgen wollen, und nicht nur in dem hergebrachten Schlendrian fortfahren, sondern ihre ernste Lebensaufgabe überhaupt nicht richtig zu erkennen scheinen. Denn es ist nicht nur die Aufgabe des Arztes, bereits eingetretene und oft nur zu weit gediehene Störungen der Gesundheit zu entfernen, — und verhehle man es dem Laien doch nicht, daß diese vermeintliche einzige Aufgabe des Arztes sehr häufig eine Unmöglichkeit includirt —, es bildet vielmehr die Ueberwachung des Gesundheitszustandes, der Lebensverhältnisse und Lebensweise u. s. w.

der Pflegbefohlenen eine seiner wesentlichsten Aufgaben, und eben in ihr, in der zeitigen Verhütung vorauszusehender Krankheitszustände findet das ärztliche Wirken einen Boden, auf dem ihm die schönsten und reichsten Früchte erstehen.

Es lassen sich nun allerdings in Betreff der Gesundheitspflege des Menschen niemals allgemeine Principien mit jener Bestimmtheit aufstellen, wie sie für die Landwirthschaft zum Theil schon festgestellt sind. Je nach der Individualität, je nach den Anforderungen des praktischen Lebens, je nach klimatischen und andern Verhältnissen sind die mannigfachsten Modificationen diätetischer Maaßnahmen erforderlich, und die Bestimmung dieser wird immer nur Sache der wissenschaftlich gebildeten Fachmänner, der Aerzte, sein können. Allein, den Zustand der Gesundheit als gegeben angenommen, giebt es doch eine Reihe wissenschaftlich festgestellter und leicht verständlicher Thatsachen, deren weitverbreitete Kenntniß ihrer allgemeinen Gültigkeit wegen wünschenswerth ist, und dieser Kenntniß Vorschub zu leisten, ist die Aufgabe derjenigen, die den Beruf haben, für das körperliche und geistige Wohl der Mitmenschen Sorge zu tragen.

Man theilt die Nahrungsmittel des Menschen, abgesehen von der Form, in welcher sie genossen werden und abgesehen von ihrer Bezugsquelle, in Nahrungsmittel im eigentlichen Sinne des Wortes und in sog. Genußmittel. Jene sind solche, die dem Organismus das zu seinem Aufbau und zu seiner ständigen Regeneration erforderliche Material zuführen, und es gehören dahin die Milch, das Brod, der Reis, das Stärkmehl u. s. w.; diese dagegen solche, die an und für sich dem Organismus wenig oder gar keinen Nahrungsstoff zuführen, dennoch aber irgend wie modificirend, fördernd oder störend, in die Ernährungsvorgänge eingreifen. Es gehören dahin der Caffee, der Thee, der Wein u. s. w. —

Keineswegs ist nun aber ein jedes Nahrungsmittel im eigentlichen Sinne des Wortes an und für sich schon genügend, um den Anforderungen des Organismus zu entsprechen. Wir wissen, daß der gesammte thierische Organismus aus gewissen stickstoffhaltigen, gewissen stickstofffreien und gewissen unorganischen Verbindungen besteht, wissen ferner, daß täglich von jeder Classe dieser Verbindungen eine gewisse

Menge verbraucht und aus dem Organismus ausgeschieden wird, und soll also ein Nahrungsmittel allen Anforderungen des letzteren entsprechen, so muß es auch in seiner Zusammensetzung sowohl stickstoffhaltige, als stickstofffreie und bestimmte unorganische Verbindungen enthalten. Derartige Nahrungsmittel giebt es aber nur wenige, und daß mit dem ganz stickstofffreien Stärkmehl oder Zucker, oder mit dem sehr stickstoffreichen Kalbfleisch, Käse u. s. w. kein Mensch ausschließlich ernährt werden kann, ist darnach eben so klar, als der wesentliche Grund, weshalb die zuträglichste Nahrung des Menschen eine gemischte, d. h. aus animalischen (stickstoffreichern) und vegetabilischen (stickstoffärmern) Stoffen zusammengesetzte ist.

Doch nicht nur das. Der menschliche Organismus bedarf nicht nur gewisser stickstoffhaltiger, stickstofffreier und anorganischer Verbindungen überhaupt, er verlangt auch, daß ihm dieselben in gewissen relativen Mengenverhältnissen dargeboten werden, und so gewiß, als die Richtigkeit und Zuträglichkeit eines diätetischen Verhaltens oder einer diätetischen Vorschrift von der Beachtung dieses relativen Mengenverhältnisses der in Frage stehenden Verbindungen abhängig ist, erfordert auch seine Kenntniß und wissenschaftliche Feststellung die sorgfältigste Aufmerksamkeit. — Ist uns dieses wichtige Verhältniß bereits bekannt?

Es würde keine schwierige Aufgabe sein, aus der genauen Analyse der Ausscheidungsproducte des Organismus zu bestimmen, in welchen relativen und absoluten Mengenverhältnissen die verschiedenen Verbindungen in je 24 Stunden vom Organismus verbraucht werden, und es ist in der That auch der Weg dieser Bestimmung bereits mehrfach eingeschlagen. Allein die Natur hat uns die Aufgabe in einer Beziehung leichter gemacht. Es giebt ein Nahrungsmittel, von dem wir mit Bestimmtheit wissen, daß es allen Anforderungen des jugendlichen, im Wachsthum begriffenen Organismus genügt, ein Nahrungsmittel, von dem wir also auch schließen müssen, daß es nicht nur alle zur Ernährung und zum Aufbau des menschlichen Organismus erforderlichen Bestandtheile überhaupt enthält, sondern daß es dieselben auch in einer normalen Proportion, einem normalen relativen Mengenverhältniß in sich schließt. Dieses Nahrungsmittel ist die Muttermilch,

und die genaue Kenntniß ihrer Zusammensetzung wird uns also auch sagen, nicht nur welche Stoffe der kindliche Organismus zu seiner Ernährung überhaupt bedarf, sondern in welchem relativen Verhältniß dieselben auch stehen müssen, um einen gesunden Ernährungsproceß zu bedingen. Wir wissen nun aber schon aus dem voranstehenden Vortrage, daß die stickstoffhaltigen Nahrungsstoffe in der Muttermilch durch Käsestoff und wenig Eiweiß, die stickstofffreien durch den Milchzucker und die Butter, die anorganischen aber insonderheit durch phosporsauren Kalk, phosphorsaure Magnesia, Chlorkalium, Chlornatrium und phosphorsaures Eisenoxyd vertreten sind, und fragen wir nach dem relativen Mengenverhältniß derselben, und insonderheit nach dem der stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Bestandtheilen, so haben uns die Arbeiten von Vernois und Becquerel, Lehmann, Simon u. A. gelehrt, daß in 100 Th. Frauenmilch:

87—90 Th. Wasser,
3,3 „ Käsestoff und Eiweiß,
4,3 „ Milchzucker,
3,4 „ Butter, und etwa
0,6 „ unorganische Verbindungen, deren

durchschnittliches relatives Mengenverhältniß noch eine genaue Feststellung erheischt, enthalten sind. — Hätten nun die beiden hier in Frage stehenden stickstofffreien Verbindungen, der Milchzucker und die Butter, einen gleichen Ernährungswerth, so würde die einfache Berechnung ergeben, daß sich in der Milch die stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Verbindungen verhalten, wie 3,3 : 7,7, also etwa wie 1 : 2,3. Allein dem ist nicht so. Milchzucker und Butter besitzen, in Folge eines verschiedenen Gehaltes an Kohlenstoff, einen ungleichen Nahrungswerth, und zwar ist der Kohlenstoffgehalt der Butter um so viel höher, als der des Milchzuckers, daß 1 Theil Butter dem Organismus eben so viel leistet, als 2,4 Th. Milchzucker. 3,4 Th. Butter sind demnach in Bezug auf die Ernährung gleichwerthig mit 8,1 Th. Milchzucker. Darnach aber würde sich, — die Butter als Milchzucker berechnet, — die gesammte Menge der in 100 Th. Milch enthaltenen stickstofffreien Verbindungen auf 12,4 Th. belaufen, und es stehen demnach in der Frauen-

milch die stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Bestandtheilen, die letztern als Milchzucker berechnet, in einer Proportion von 3,3 : 12,4 oder von 1 : 3,75, ein Verhältniß, welches von dem von Liebig*) angegebenen = 1 : 4 nur wenig differirt.

Bei der stets wechselnden Beschaffenheit der Milch, selbst eines und desselben Thieres oder einer und derselben Frau, — so wies Prof. Bödecker in Göttingen kürzlich noch darauf hin, daß die Abendmilch der Kuh in der Regel bedeutend fettreicher ist, als die Morgen- und Mittagsmilch —, ist es überaus schwierig, ganz bestimmte Mittelzahlen zu gewinnen. Das angegebene Verhältniß der stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Nahrungsbestandtheilen von 1 : 3,7—4 läßt sich jedoch wohl ohne Frage als das für den kindlichen, im Wachsthum begriffenen Organismus Geltung habende bezeichnen, vorausgesetzt, daß man, wie es für solche Angaben und Berechnungen erforderlich ist, die stickstofffreien Substanzen als gleichwerthiges Material, und hier zwar als Milchzucker, in Anschlag bringt. — Bleibt dieses Verhältniß nun aber für die ganze Lebenszeit dasselbe? Erfordert auch der Erwachsene eine Nahrung, in welcher stickstoffhaltige und stickstofffreie Substanzen in der Proportion von 1 : 3,7—4 enthalten sind? Schon a priori läßt sich schließen, daß dem nicht so sein kann, denn der im Wachsthum begriffene Organismus macht offenbar andre Ansprüche an die Nahrungsmittel, als der erwachsene. Daß sich das Verhältniß aber auch thatsächlich anders für den Erwachsenen gestaltet, hat der Verfasser durch eine genaue Zusammenstellung der in 25 größern Erziehungs-, Verpflegungs- und andern Anstalten London's befolgten Diäten und Berechnung derselben auf ihren Gehalt an stickstoffhaltigen und stickstofffreien Bestandtheilen nachzuweisen versucht.**) Aus diesen Berechnungen ergab sich, daß in den Nahrungsmitteln der Erwachsenen in London die stickstoffhaltigen und stickstofffreien Bestandtheile in einem Mengenverhältniß von 1 : 4,02 — 1 : 5,8, im Mittel also in einem Verhältniß von 1 : 4,9 oder 1 : 5 stehen, und es scheint nach andern

---

*) Chemische Briefe 1851. S. 463.

**) S. Vierordt's Archiv für physiologische Heilkunde. Bd. XII. S. 409.

seitdem angestellten ähnlichen Berechnungen, daß dieses Verhältniß für die gemäßigte Zone ziemlich überall Geltung hat. *)

Es wird demnach die nächste Aufgabe einer rationellen Diätetik sein, die verschiedenartigen Nahrungsmittel der gesunden Einwohner der gemäßigten Zone der Art auszuwählen und zusammenzumischen, daß die stickstoffhaltigen und stickstofffreien Bestandtheile derselben für das neugeborne Kind in der Proportion von 1 : 4 stehen, und, bis zum Erwachsenen fortschreitend, nach und nach in die Proportion von 1 : 5 treten, die sämmtlichen stickstofffreien Substanzen immer wieder als gleichwerthig, d. h. in der Form von Milchzucker oder des ihm gleichwerthigen Stärkmehls, in Rechnung gebracht. Um aber eine solche Auswahl und Mischung vornehmen zu können, ist es erstes und nothwendigstes Bedürfniß, die Zusammensetzung der verschiedenen, überhaupt gebräuchlichen Nahrungsmittel, und insonderheit das Mengenverhältniß der stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Bestandtheilen derselben zu kennen, und was uns in letzterer Beziehung neuere Analysen der Nahrungsmittel und deren Berechnung ergeben haben, läßt sich leicht in nachstehenden Zahlenangaben zusammenfassen. Es finden sich nämlich:

	stickstoffhalt. Bestandtheile		stickstofffr. Bestandtheile (a. Stärkmehl berechn.)
in der Frauenmilch	1	:	3,75—4
„ „ Kuhmilch	1	:	3
„ dem Ochsenfleisch	1	:	1,7
„ „ gemästeten Schweinefleisch .	1	:	3
„ „ „ Schaaffleisch .	1	:	2,7
„ „ Hasenfleisch	1	:	0,2
„ „ Kalbfleisch	1	:	0,1
„ „ Käse	1	:	2,6

*) Dr. von Mandach fand in den Nahrungsmitteln der Pfründner des Heil. Geist-Hospitals in Schaffhausen ein Verhältniß von 1 : 4,3; in denen der Einwohner des Armen-, Corrections-, Siechen- und Waisenhauses durchschnittlich ein Verhältniß von 1 : 4,9. —

	stickstoffhalt. Bestandtheile		stickstofffr. Bestandtheile (a. Stärkmehl berechn.)
in den Linsen	1	:	2,1
„ „ Pferdebohnen	1	:	2,2
„ „ Erbsen	1	:	2,3
„ dem Waizenmehl	1	:	4,6
„ „ Hafermehl	1	:	5
„ „ Roggenmehl	1	:	5,7
„ „ Gerstenmehl	1	:	5,7
„ „ Buchweizenmehl	1	:	13,0
„ den weißen Kartoffeln . . .	1	:	8,6
„ dem Reis	1	:	12,3
„ den Runkelrüben	1	:	7,4
„ „ weißen Rüben	1	:	6,5
„ „ Kohlrüben (Brassica napobrassica	1	:	9,4
„ „ Möhren (Daucus carota) .	1	:	7,8
u. s. w. u. s. w. *)			

Diese Verhältnißzahlen bilden in der That das A B C einer rationellen Diätetik, und wie die Zusammensetzung verschiedener Medicamente, so sollten auch sie, jedem Arzte wenigstens, vollkommen geläufig sein. — Sie weisen z. B. darauf hin, daß wenn ein Kind mit Kuhmilch aufgefüttert werden soll, dieser Milch eine gewisse Quantität eines stickstofffreien Nahrungsstoffes, also Zucker oder Stärkmehl u. s. w. zugesetzt werden muß, damit die Proportion 1 : 3, welche sich in der Kuhmilch findet, in die von 1 : 4, wie sie für die Frauenmilch Geltung hat, umgewandelt wird. Sie lehren uns in einem andern Falle, daß, um für den Erwachsenen die Proportion von 1 : 4,5 — 1 : 5 zu erhalten, das stickstoffreiche Kalbfleisch stets mit einem stickstoffarmen

*) Diese Angaben sind zum Theil Liebig's chemischen Briefen a. a. O. entlehnt, zum Theil nach Analysen von Horsford, Krocker u. A. berechnet. — Näheres über die Zusammensetzung der Nahrungsmittel findet sich in Frerichs' Artikel „Verdauung" in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, Falck's Arzneimittellehre, Moleschott's: Die Nahrungsmittel des Volks u. s. w.

Nahrungsmittel also z. B. mit Reis, verbunden werden muß, neben den stickstoffreichen Hülsenfrüchten dagegen gar kein oder wenigstens nur sehr fettreiches Fleisch (z. B. fettreicher Schinken) genossen werden darf. Und fragen wir in einem noch andern Falle nach dem Brode, so sagen sie uns, daß das Waizenbrod stickstoffhaltige und stickstofffreie Bestandtheile in der Normalportion enthält, und daß also der Zusatz von Butter zu ihm nur dann ein richtiger ist, wenn es gleichzeitig mit Fleisch oder Käse genossen wird, denn Waizenbrod mit Butter allein würde ein Verhältniß liefern, in dem sich die Zahl für die stickstofffreie Substanz zu hoch beläuft. — Wunderbarer Weise hat nun aber auch ein natürlicher Instinkt unsere Küchenzettel der Art geregelt, daß sich bei einer irgendwo in unserer Zone vorgenommenen Berechnung der fraglichen Verhältnisse meistens auch die Normalproportion der stickstoffhaltigen und stickstofffreien Bestandtheile herausstellt, und ist dies nicht durchweg an jedem einzelnen Tage oder gar bei jeder einzelnen Mahlzeit der Fall, so ergiebt doch der Wochendurchschnitt, so weit Berechnungen angestellt sind, das erforderliche Verhältniß von 1 : 5. So verbinden wir, um nur ein einzelnes Beispiel anzuführen, das Ochsenfleisch in der Regel mit Kartoffeln. Während aber in jenem die stickstoffhaltige Substanz sich zur stickstofffreien verhält, wie 1 : 1,7, weisen diese ein Verhältniß von 1 : 8,6 auf; beide zusammen liefern demnach die Proportion von 2 : 10,3 oder von 1 : 5,1, und die Richtigkeit der Mischung ist damit, in dieser einen Beziehung wenigstens, verbürgt. — In den in fünfundzwanzig durchaus verschiedenen Anstalten Londons vorschriftsmäßig eingehaltenen Diäten fand der Verfasser, wie erwähnt, die wöchentlichen Durchschnitte des Verhältnisses der stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Substanzen nur zwischen 4,2—5,8 schwankend; die erstere Proportion fand sich in dem „Hospital for consumption," die zweite in dem Hackney Workhouse. Nicht die wissenschaftliche Theorie, nur die praktische Erfahrung oder der Instinkt hat diese Diäten geregelt, und daß sich ähnliche Verhältnisse überall finden werden, ist kaum zu bezweifeln. Bedarf es aber hiernach noch des besondern Beweises, weshalb schon lediglich bezüglich dieses Verhältnisses eine fast ausschließliche Kartoffelnahrung, oder ein vorwiegender Genuß von Buchweizenmehl den Organismus

nicht nur nicht zu bedeutenden Leistungen befähigt, sondern dem Siechthum entgegenführen muß? Weshalb ferner Thiere, die lediglich mit Stärke oder mit Zucker, oder auch mit fettfreiem Fleisch gefüttert wurden, kränkelten, abmagerten und zu Grunde gingen? *) —

Wir erwähnten bereits, daß verschiedene Lebensverhältnisse sehr verschiedene Modificationen der Diät erforderlich machen. Wir wissen, daß anstrengende geistige oder körperliche Thätigkeit eine größere Menge stickstoffhaltiger Nahrungsstoffe erforderlich macht, als ein träges Verhalten (s. S. 355). Es ist ferner durch Lehmann's u. A. treffliche Arbeiten festgestellt, daß in feuchten und kalten Klimaten die Kohlensäureausgabe größer ist, als in trockenen, und es folgt daraus, daß in jenen der einzelne Mensch mehr stickstofffreie Nahrungsmittel bedarf, als in diesen. Aber auch in dieser Beziehung hat, wie es scheint, der Instinkt und die praktische Erfahrung meistens auf den richtigen Weg geführt. So enthält die vorschriftsmäßige, quantitativ sehr hoch stehende Diät der jugendlichen, stark durch militairische Exercitien zur See in

---

*) Des Beispiels halber möge hier die Berechnung einer Diät auf ihren Gehalt an stickstoffhaltiger und stickstofffreier Substanz Platz finden. — Selbstverständlich muß bei all diesen Berechnungen zunächst der Wassergehalt der Nahrungsmittel in Abzug gebracht werden. Von den Getränken (Thee und Bier) ist abgesehen.

In dem Royal Hospital, Chelsea, einer Verpflegungsanstalt für alte Soldaten, werden wöchentlich genossen:

		wasserfrei		stickstoffh. Subst.		stickstofff. Subst.	
Fleisch . .	60 U.	= 18 U.	enthalt.:	6,7 U.	und	11,3 U.	
Brod . .	112 „						
diese enthalten:							
Mehl . .	87 „	= 74,8 „	„	13,3 „	„	61,4 „	
ferner:							
Kartoffeln .	112 „	= 28,0 „	„	2,9 „	„	25,1 „	
Zucker . .	8,75 „	= 8,75 „	„	0,0 „	„	8,75 „	
Mehl . .	7 „	= 6,02 „	„	1,08 „	„	4,94 „	
Fett . . .	4 „	= 4,00 „	„	0,00 „	„	9,60 „	(a. Stärkmehl berechnet)
Milch . .	30 „	= 3,9 „	„	0,93 „	„	2,92 „	
Käse . .	8 „	= 5,44 „	„	1,51 „	„	3,90 „	
				26,42 U.	:	127,91 Unzen.	
			=	1 „	:	4,8 „	

Anspruch genommenen Seeleute auf dem alten Nelson'schen Kriegsschiff in Portsmouth „The Victory,“ stickstoffhaltige und stickstofffreie Bestandtheile nach des Verfassers Berechnung in einem Verhältniß von 1 : 4,3; während die gleichfalls vorschriftsmäßige Diät der älteren, in dem meistens feuchten und kälteren Oldenburger Klima lebenden und in Oldenburg selbst casernirten Soldaten in einer Woche ein Verhältniß von 1 : 7,0 und in der andern von 1 : 4,7, durchschnittlich also von 1 : 5,8 aufweist, ein Verhältniß, bei welchem sich die Soldaten, wiewohl die stickstofffreien Bestandtheile sehr hoch stehen, dennoch im Ganzen nicht nur gesund, sondern selbst sehr wohl befinden sollen. — Verbinde man also bei bedeutenden körperlichen und geistigen Anstrengungen die verschiedenen Nahrungsmittel (in der gemäßigten Zone) der Art, daß sich das Verhältniß der stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Bestandtheilen etwa auf 1 : 4,3—4,5, in feuchten und kalten Klimaten der Art, daß es sich, wechselnd wieder je nach der Thätigkeit, auf 1 : 5—1 : 5,5 beläuft, und man wird sich im Allgemeinen nicht weit von der physiologischen Norm entfernen. Und wahrlich, wenn man erst einmal beginnen wird, bei Feststellung diätetischer Vorschriften für Verpflegungs-Anstalten, Arbeitshäuser, Erziehungsanstalten, casernirte Soldaten u. s. w. auf diese Verhältnisse Rücksicht zu nehmen, wenn man es unternehmen wird, in sorgsamer Ueberwachung des Volkslebens die gebräuchlichen Nahrungsmittel derselben von diesem Gesichtspunkte aus zu prüfen und zu beurtheilen, und nöthigenfalls zu corrigiren, es wird und muß sich der Erfolg solcher Umsicht in dem Heranwachsen eines gesunden und kräftigen Volkes, in der Verminderung der die Menschheit frühzeitig decimirenden chronischen Krankheiten zu erkennen geben. Und ist es der Armuth oftmals unmöglich, die für ein gesundes körperliches und geistiges Gedeihen erforderlichen diätetischen Vorschriften zu befolgen, kann es für den Staat eine höhere und ernstere Aufgabe geben, als geeignete Mittel und Wege ausfindig zu machen, um solche Unmöglichkeit hinwegzuräumen? —

Wir zogen bis dahin nur die organischen, die stickstoffhaltigen und stickstofffreien Bestandtheile der Nahrungsmittel in Betracht. Doch es ist bei der Bestimmung irgend welcher diätetischer Vorschriften noch eine zweite Rücksicht zu nehmen. Nicht minder wichtig als die organischen,

sind die unorganischen, die mineralischen Bestandtheile der Nahrungsmittel. Wir wissen, daß zur Heranbildung eines gesunden Blutes, und also eines gesunden Körperbildungsmateriales, unter allen Umständen gewisse Mengen von Eisen, von phosphorsauren Salzen und namentlich von phosphorsauren Erden, und von Chlorverbindungen erforderlich sind. Die Milch, die den Säugling nährt, enthält alle diese Bestandtheile, und ein Fehler in der Mischung derselben wird und muß in irgend welcher Weise den Ernährungsproceß des Kindes beeinträchtigen. Verhält es sich mit der Nahrung des Erwachsenen aber nicht eben so? Wird eine Nahrung, welche arm ist an diesen oder jenen unorganischen Verbindungen oder derselben gänzlich ermangelt, trotzdem daß sie stickstoffhaltige und stickstofffreie Verbindungen in der richtigen Proportion enthält, den Anforderungen des Organismus entsprechen können? Wird bei eisenarmer Nahrung die Bildung der Blutkörperchen ungestört von Statten gehen? Wird der Zellenbildungsproceß bei einem Mangel an phosphorsauren Erden unbeeinträchtigt bleiben können? — Es enthalten nun aber unsere gebräuchlichen Nahrungsmittel diese unorganischen Bestandtheile in sehr verschiedenen Mengenverhältnissen, ja manchen Nahrungsmitteln fehlen diese oder jene der genannten Bestandtheile gänzlich. Kann es also weiter fraglich sein, daß auch die genaue Kenntniß der Nahrungsmittel in dieser Beziehung für den Diätetiker eine unerläßliche Nothwendigkeit bildet? — Gedenken wir nur einiger hierhergehöriger analytischer Ergebnisse, so findet sich das zur Bildung der rothen Blutkörperchen unumgänglich erforderliche Eisenoxyd (in Verbindung mit Phosphorsäure) in allen rothen Fleischsorten in hinreichender Menge; so namentlich im Rindfleisch, im Wild u. s. w. Das Kalbfleisch enthält dagegen $^1/_3$ weniger Eisen, als das Rindfleisch, und Käse, Eier, und namentlich Fische enthalten verhältnißmäßig noch weit weniger. Unter den vegetabilischen Nahrungsmitteln enthalten die Getreidesaamen (Cerealien), und somit auch das Brod, fast eben so viel Eisenoxyd, als das Rindfleisch, und die Hülsenfrüchte (Leguminosen) stehen denselben nicht viel nach. Die Kartoffeln aber sind sehr arm daran, während die Rüben und Wurzeln wieder einen genügenden Gehalt davon besitzen. — Die phosphorsauren Alkalien kommen mehr oder weniger in allen Nahrungsmitteln

vor. Allein ihr Mengenverhältniß ist ebenfalls sehr wechselnd. Das phosphorsaure Kali ist in der Regel vorherrschend, und überwiegt das phosphorsaure Natron bedeutend. Es beträgt aber in der Asche des Ochsenfleisches 76 Proc. der gesammten Asche (d. i. der gesammten Mineralbestandtheile); im Rehfleisch 72,4 Proc.; im Hühnerfleisch 84,7 Proc.; im Waizen und Roggen circa 70 Proc.; in den Hülsenfrüchten ca. 60 Proc.; in den Kartoffeln ca. 24 Proc. und in den pectinreichen Nahrungsmitteln (Möhren, Rüben u. s. w.) nur etwa 12 Proc. — Nicht minder verschieden sind die Mengenverhältnisse der für den Aufbau der Gewebe so überaus wesentlichen phosphorsauren Erden: des phosphorsauren Kalkes und der phosphorsauren Magnesia. Es giebt kaum ein Nahrungsmittel, welches nicht bestimmte Mengen derselben enthielte. Während aber das Fleisch vorzugsweise reich an ihnen ist (12—14 Proc. der Asche), sind die Leguminosen schon ärmer daran, und die Kartoffeln enthalten weniger als 9 Proc. in der Gesammtasche. Rüben und Möhren, und nicht minder die Cerealien stehen dem Fleische nahe, doch wiegt in den letztern häufig die Magnesia zu sehr vor. Chlornatrium oder Kochsalz ferner findet sich in den meisten Nahrungsmitteln nicht in genügender Menge. Es fehlt namentlich in den Vegetabilien fast ganz, während das Fleisch in 100 Th. Asche doch 4—6 Proc. Chloralkalien enthält. Der Zusatz von Kochsalz zu unsern Speisen, und namentlich den vegetabilischen, wird aus diesem Grunde fast zur unerläßlichen Nothwendigkeit, da der Organismus sowohl des Chlors, als des Natrons zur Bildung von Salzsäure im Magen und zur Bildung der verschiedenen Natronverbindungen in Blut, Galle u. s. w. bedarf. Doch sei es bemerkt, daß auch Donders vielleicht nicht ganz Unrecht hat, wenn er den Salzgenuß zum großen Theil als Sache der Angewöhnung bezeichnet; denn fast die ganze Menge Kochsalz, die wir täglich mit unsern Speisen genießen, wird mit dem Harn wieder ausgeschieden, und ein gewisses, im Organismus einmal vorräthiges Quantum kann möglicherweise in Folge stets wiederholter Trennungen und Wiedervereinigungen des Chlors und des Natrons den obigen Anforderungen der Magensaftbildung u. s. w. genügen. *)

---

*) Vgl. S. 319 (unten).

Schwefelsäure und schwefelsaure Salze ferner, deren physiologische Bedeutung wir übrigens noch nicht genügend übersehen, finden sich in den animalischen Nahrungsmitteln in nur sehr geringer Menge vor. In den Cerealien fehlen sie fast ganz; reichlich sind sie dagegen in den Hülsenfrüchten vertreten. — Endlich finden sich noch kohlensaure und pflanzensaure Salze, doch nur in den vegetabilischen Nahrungsmitteln vor. Die citronensauren, äpfelsauren, weinsauren und andere Salze sind uns als solche pflanzensaure Salze bekannt, und daß mehr oder weniger die ganze Menge der in unsern Früchten vorkommenden Säuren mit Kali oder Natron zu diesen Salzen verbunden sind, wurde schon früher bemerkt.

Diese wenigen analytischen Data weisen schon mit Bestimmtheit darauf hin, daß in Betreff der unorganischen Bestandtheile zwischen den einzelnen Nahrungsmitteln die größten Differenzen bestehen, daß sich namentlich die vegetabilische und die animalische Kost in dieser Beziehung sehr beträchtlich von einander unterscheiden. Wird sich ihnen zufolge bei einer eisenarmen Kartoffelnahrung ein gesundes Blut bilden können? Wird, wo es auf Blutkörperchenbildung abgesehen ist, das Rindfleisch nicht den Vorzug verdienen müssen vor dem Kalbfleisch? — Ist nicht überhaupt die animalische Kost, abgesehen von ihrem größeren Reichthum an stickstoffhaltigen Verbindungen, fast ausschließlich mit all jenen unorganischen Bestandtheilen versehen, welche für den Aufbau der Gewebe des thierischen Organismus so überaus nothwendig sind, mit Eisen, Phosphorsäure, Kali, Kalk und Chlorverbindungen? — Es enthalten allerdings auch manche Vegetabilien all diese Bestandtheile. Der Organismus eines Pflanzenfressers würde sich nicht bilden können, wenn dies nicht der Fall wäre. Allein um den Organismus ausschließlich mit vegetabilischer Kost die erforderliche Menge organischer sowohl, als unorganischer Verbindungen zuzuführen, ist, in Folge des hohen Wassergehaltes der Vegetabilien, eine Quantität derselben erforderlich, welche der menschliche Verdauungsapparat andauernd nicht zu bewältigen vermag, und wenn außerdem die meisten vegetabilischen Nahrungsmittel in Folge ihrer physikalischen Beschaffenheit schwerer verdaulich sind, als die animalischen, so liegt darin, abgesehen vielleicht von den Leguminosen und Cerealien, ein zweiter Grund, weshalb wir im Thier-

reich immer und zum größten Theile unser gewebebildendes Material zu suchen haben.

Ueber den Nutzen oder Nachtheil der dem Organismus mit vielen Vegetabilien zugeführten pflanzensauren Salze läßt sich bis dahin noch nicht mit aller Bestimmtheit entscheiden. Wir wissen, daß die Kartoffeln, die verschiedenen Obstarten und manche Gemüsefrüchte reich an ihnen sind, wissen, daß sich diese Salze im Organismus in kohlensaure Salze verwandeln, und diese als solche mit dem Harn ausgeschieden werden, wissen endlich, daß eine an pflanzensauren Alkalien gänzlich arme Nahrung zur Entwicklung scorbutischer Zustände Anlaß giebt. Nach einer Mahlzeit von frischen Früchten oder nach einem reichlichen Kartoffelgenuß sieht man den Harn des Menschen sofort alkalisch werden; und wenn man es im Hackney Workhouse in London zu einer Zeit sehr hoher Kartoffelpreise versuchte, die Kartoffeln ebensowohl, wie andere frische und pflanzensaure Salze enthaltenden Gemüse aus der Diättabelle zu entfernen, alsbald aber Scorbut unter den Einwohnern des Hauses ausbrach, und dieser wieder schwand, als man die Kartoffeln wieder anschaffte, so mag damit nur ein einzelnes Beispiel für die letztangeführte Behauptung gegeben sein. Ein genaueres Studium der Wirkungsweise dieser Salze muß uns jedoch noch belehren, in welcher Weise dieselben, in größerer oder geringerer Menge genossen, auf die Metamorphose der stickstoffhaltigen und stickstofffreien Bestandtheile des Organismus influiren, denn höchstens als wahrscheinlich läßt es sich bis dahin bezeichnen, daß die pflanzensauren Salze fördernd auf die fraglichen Metamorphosen einwirken. Erhebt sich diese Wahrscheinlichkeit zur Gewißheit, so liegt darin ein Hinweis, daß ein reichlicher Genuß pflanzensaurer Salze und also derjenigen Vegetabilien, welche reich an ihnen sind, nur da zu empfehlen ist, wo es auf eine Beschleunigung der rückbildenden Metamorphose des Körpermateriales ankommt, und umgekehrt ein solcher Genuß schädlich sein muß, wo die Umstände einen sparsamen Verbrauch des Körpermaterials erheischen. Daß aber ein mäßiger Genuß derselben, eine Verbindung also der vegetabilischen Kost mit der animalischen, nicht nur richtig, sondern selbst erforderlich ist, wird dann nicht nur durch die eben erwähnte praktische Erfahrung, sondern auch theoretisch begründet sein, denn neben den Materialien, welche für

den Aufbau des Organismus Sorge tragen, wird derselbe immer auch solcher Substanzen bedürfen, die dem normalen Ablauf der nothwendigen Rückbildungsvorgänge Vorschub leisten. —

Wir haben endlich noch einer weitern Rücksichtsnahme bei der qualitativen Bestimmung einer Diät zu gedenken. Schon a priori läßt sich vermuthen, daß, wie jeder den Organismus treffende Einfluß, so auch die Nahrungsmittel einen besonderen Einfluß auf das Nervensystem ausüben, und daß dieser Einfluß je nach den verschiedenen chemischen Bestandtheilen der Nahrungsmittel selbst ein äußerst verschiedener sein muß, ist von vorn herein nicht minder wahrscheinlich. In der That lehrt nun aber auch die Erfahrung, daß dem so ist, und nur um so mehr, als die hohe Bedeutung der Zustände des Nervensystems für den gesammten Lebensproceß, für den Ablauf der Metamorphosen des Körpermaterials, außer aller Frage liegt, bedarf es einer genauen Kenntniß und Berücksichtigung dieser verschiedenen Verhältnisse.

Ganz im Allgemeinen läßt sich mit Sicherheit behaupten, daß allein die animalische Kost den Menschen zu bedeutenden geistigen und körperlichen Kraftleistungen befähigt, daß sie dem Nervensystem eine directe Anregung giebt, und allein auch demselben diejenigen Bestandtheile in geeignetem Mengenverhältniß zuführt, deren es zu seiner ständigen Regeneration bedarf. Der Arbeiter, sei es der körperlich oder geistig angestrengte, kann deshalb der animalischen Kost nicht entbehren, und wenn es bekannt ist, daß fleischfressende, wilde Thiere bei vegetabilischer Kost zahm, bei wieder eintretender animalischer Kost aber wieder wilder werden,*) wenn es feststeht, daß Fleisch und Brod essende Völker eine körperlich sowohl, als geistig größere Energie besitzen, als diejenigen, welche sich vorzugsweise von Reis und Südfüchten nähren, wenn es nicht fraglich ist, daß eine fast ausschließliche Kartoffelnahrung, — die traurige Zuflucht verarmter Districte in Zeiten der Noth —, nicht nur den gesammten Ernährungsproceß beeinträchtigt, sondern auch geistige und körperliche Schlaffheit herbeiführt, so liegen darin genügende Beweise für die aufgestellte Behaup-

---

*) Vgl. Liebig, chemische Briefe. 1851. S. 600.

tung.*) Wohl bietet die stickstoffarme vegetabilische Nahrung unter Umständen dem Organismus ein Material, durch welches der Lebensproceß im Gange erhalten werden kann; aber die sich in dieser Weise nährenden Individuen sind schläfrig und langsam im Denken und Handeln, und wir stehen nicht an zu behaupten, daß ein Zuviel von stickstofffreien Substanzen Ballast ist für die Functionen des Nervensystems. — Läßt sich aber jene Einwirkung der animalischen Kost auf bestimmte Bestandtheile zurückführen? Ist der anregende Einfluß, welchen sie auf das Nervensystem ausüben, Folge bestimmter organischer oder unorganischer Bestandtheile? Zum Theil scheint dem allerdings so zu sein; hüte man sich jedoch vor voreiligen Schlüssen! — Sollen das Nervensystem und der Muskel andauernd zu bedeutenden Leistungen befähigt bleiben, so bedürfen sie auch ständig der Zufuhr all der Materialien, aus denen sie sich regeneriren und aufbauen können, und diese Materialien liefert das Fleisch in summa, weniger aber, oder wenigstens nicht vorzugsweise, vermöge einzelner seiner Bestandtheile. Empfinden wir dagegen unmittelbar oder sehr bald nach dem Genuß von Fleischspeisen eine gewisse Kräftigung oder Erregung, so dürfen diese als Wirkung bestimmter Bestandtheile des Fleisches angesehen werden, und dieses sind sonder Zweifel jene stickstoffhaltigen Stoffe, welche wir früher (s. S. 307) als integrirende Mischungsbestandtheile des Fleischsaftes kennen lernten. Das Kreatin und Kreatinin üben, wie es scheint, eine durchaus ähnliche Wirkung auf das Nervensystem aus, wie das Theïn des Thees, oder das Caffeïn des Caffees, Substanzen, welche sämmtlich auch manche chemische Eigenschaften gemein haben;**) und wenn wir wissen, daß gerade die Bouillon oder Fleischbrühe eine insonderheit anregende Wirkung auf das Nervensystem ausübt, so mag dieselbe auch eben darauf beruhen, daß sie jene Bestandtheile des Fleischsaftes enthält. Ob wir aber dabei schon stehen bleiben dürfen, um die fraglichen Wirkungen der animalischen Kost zu erklären? — Eine reichhaltige animalische Nahrung ist sonder Zweifel unter gesunden Verhältnissen von einer

---

*) Vgl. die treffliche Schrift von Mulder: „Die Ernährung in ihrem Zusammenhange mit dem Volksgeist." Utrecht 1827. —

**) Vgl. Liebig, chemische Briefe. 1851. S. 609.

reichlichen Blutkörperchenbildung begleitet. Wir haben es früher (S. 265) als überaus wahrscheinlich bezeichnet, daß die Bestandtheile der untergehenden Blutkörperchen wesentlich bei der Bildung der Galle betheiligt sind, und die Menge derselben scheint in der That bei solcher Kost gesteigert zu sein. Wird nun aber der größte Theil der Galle vom Darmcanal aus in das Blutgefäßsystem aufgenommen, zerfällt die Galle, dem Blute beigemischt, in gewisse, noch nicht näher bestimmbare Bestandtheile, ist es dann nicht möglich und nach Budge's vorläufigen Versuchen *) sogar wahrscheinlich, daß eben diese Bestandtheile auf das Nervensystem einen anregenden Einfluß ausüben, und sich somit erst im Organismus selbst aus den animalischen Nahrungsmitteln die auf das Nervensystem wesentlich influirenden Verbindungen hervorbilden?

So also hat eine rationelle Diätetik nicht nur Rücksicht zu nehmen auf ein richtiges relatives Mengenverhältniß der dem Organismus zugeführten stickstoffhaltigen und stickstofffreien Verbindungen, sie hat ihre Aufmerksamkeit insonderheit auch den unorganischen Bestandtheilen der Nahrungsmittel zuzuwenden und nicht minder dem bedeutungsvollen Einfluß, den ein jedes Nahrungsmittel, in Folge seiner integrirenden Bestandtheile oder seiner Metamorphosen im Organismus, auf diesen selbst, und insonderheit auf das Nervensystem ausübt. Die ausführlichere Darlegung dieser Verhältnisse wird Aufgabe einer besondern Arbeit bleiben müssen, und wir dürfen und wollen es uns nicht verhehlen, daß noch manche sorgfältige Untersuchung, manches physiologische Experiment, und zwar an den verschiedensten Individuen erforderlich ist, bevor wir zu einem befriedigenden Abschluß der vorliegenden Fragen gelangen können. — Doch unsre Nahrungs- und Genußmittel bestehen nicht nur aus den bisher allein in Betracht gezogenen sog. festen Nahrungsmitteln. Tagtäglich führen wir dem Organismus auch eine nicht unbedeutende Menge verschiedenartiger Getränke zu, und daß diese, wenn auch an und für sich ohne bedeutenden Nahrungs-

*) In Froriep's Tagesberichten 1852 Nr. 475 theilt Budge zwei vorläufige Notizen mit, in deren einer die Galle als starkes Reizmittel für Muskeln und Nerven bezeichnet wird. Frische Galle, und noch mehr die Gallensäuren, in Verbindung gebracht mit Muskel und Nerven, erzeugten heftige Zuckungen. —

werth, dennoch auf den Organismus und damit auch auf den Ernährungsproceß einen nicht unbedeutenden Einfluß ausüben, daß die genaue Kenntniß auch dieser Wirkungen ein nothwendiges Requisit für den Diätetiker bildet, ist gewiß. Es liefern die verschiedenen Getränke, deren sich der Mensch bedient, dem Organismus nicht nur etwa diejenige Menge von Wasser, deren derselbe für den normalen Ablauf der chemischen Bildungsvorgänge in seinem Innern, als eines Vehikels, bedarf; ein jedes Getränk, und selbst unser gewöhnliches Trinkwasser, enthält vielmehr gleichzeitig auch stets eine gewisse Menge unorganischer Bestandtheile, und wenn schon diese für den Ernährungsproceß nicht gleichgültig sind, so sind es noch weniger diejenigen eigenthümlichen Bestandtheile, welche manche unserer alltäglichen, mehr durch den Instinkt des Menschen, als durch Angewöhnung oder Luxus eingeführten Getränke, dem Organismus zuführen. — Nur in aller Kürze wollen wir uns von diesen Verhältnissen eine allgemeine Anschauung zu verschaffen suchen.

Was zunächst das gewöhnliche Trinkwasser anbetrifft, so ist dasselbe je nach dem Boden, aus welchem es stammt, sehr verschieden. Wird es einem kreidehaltigen Boden entzogen, so enthält es vorzugsweise kohlensauren Kalk, hat den sog. harten Geschmack, und bildet beim Kochen (in Folge des Entweichens von Kohlensäure) einen Kalkniederschlag, welcher die Kochgefäße incrustirt; ist der Boden reich an Alkalien, oder mischen sich dem Wasser in ihm alkalische Zersetzungsproducte der Vegetabilien, wie z. B. Ammoniak, bei, oder verbindet sich dem Quellwasser das ammoniakhaltige Regenwasser, so hat es den sog. weichen Geschmack; stammt es aus einem kochsalzhaltigen Boden, so enthält es vorwiegend Kochsalz u. s. w. u. s. w. — Je nach der Verschiedenheit dieser unorganischen Bestandtheile muß das Wasser aber nothwendiger Weise auch einen verschiedenen Einfluß auf den Organismus ausüben, denn daß dieselben für den Ernährungsproceß nicht gleichgültig sind, daß sie unter Umständen sogar zum Aufbau des Körpers verwendet werden können, hat uns Boussingault durch eine seiner trefflichen Untersuchungen gelehrt. Boussingault fütterte junge Schweinchen mit Wasser und Kartoffeln, und fand, daß dieselben bei dieser Nahrung bei Weitem mehr phosphorsauren Kalk in ihren

Organismus aufnahmen, als in den Kartoffeln enthalten war. Es konnte aber dieser Kalk keine andere Quelle haben, als das Trinkwasser, und in der That ergab auch die Untersuchung, das daß Trinkwasser, welches den Thieren gereicht wurde, eine verhältnißmäßig große Menge von Kalk enthielt. — Der Gehalt unserer Trinkwässer an unorganischen Bestandtheilen ist allerdings im Allgemeinen sehr gering. Er beträgt durchschnittlich nicht über 2—4 Tausendtel. Allein die große Menge Wassers, welche wir tagtäglich in dieser oder jener Form genießen, mahnt uns dennoch, weder die Qualität, noch die Quantität derselben zu übersehen, und das eine eben angeführte Factum mag zum Beweise dienen, daß es nimmer einerlei sein kann, ob man sich ständig eines weichen, oder eines harten Trinkwassers bedient. Es ist auffallend genug, daß man den Verhältnissen der unorganischen Bestandtheile unserer Getränke, wie überhaupt, so namentlich auch bei den sog. Wasserkuren scheinbar nur eine sehr geringe Aufmerksamkeit zugewandt hat. Daß dieselben aber auch hier eine gewisse Rolle spielen, daß von ihnen der Erfolg der Cur, wenn auch nur zum kleinsten Theil, mit abhängig ist, ist nicht unwahrscheinlich. —

Das Studium der Wirkung des Wassers auf den Organismus läßt in dieser Beziehung noch Einiges zu wünschen übrig. In andrer Hinsicht ist dasselbe dagegen in neuerer Zeit um ein Bedeutendes gefördert, und die bei den Wassertrinkkuren gemachten Erfahrungen haben dazu vielleicht eine nicht unwesentliche Veranlassung gegeben. Durch die ausgezeichneten Arbeiten von C. Schmidt, Bidder u. A. ist es festgestellt, daß der reichliche Wassergenuß sowohl die Absonderung des Magensaftes, der Galle und der Verdauungssäfte überhaupt, als auch vorzugsweise die des Harns vermehrt. Aber durch die ausgedehnten und nicht minder trefflichen Arbeiten von Mosler, Genth und Böcker ist es auch erwiesen, daß das reichliche Wassertrinken die chemischen Metamorphosen des Körpermateriales beschleunigt, daß dasselbe insonderheit eine vermehrte Ausscheidung von Harnstoff, als des wichtigsten Endgliedes der Metamorphosenreihe der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile, herbeiführt, und dürfen wir aus den vorliegenden Untersuchungen schon einen allgemeinen Schluß ziehen, so läßt sich diese Beschleunigung des Stoffwechsels etwa dahin bestimmen, daß der Umsatz

der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile bei einem außergewöhnlichen Wassergenuß von etwa 4 Pfund in 24 Stunden, um etwa $^1/_{12}$ zunimmt. Es ist damit außer Frage gestellt, daß die Wirkung des reichlichen Wassertrinkens eine sehr bedeutungsvolle ist; es beruht auf diesen Verhältnissen, daß in gewissen Krankheitszuständen eine sog. Wasserkur die besten Dienste leisten kann. Vermeide man jedoch auch hier jede Voreiligkeit in generalisirenden Schlüssen! Wir besitzen noch wenig Kenntniß davon, in welcher Weise ein reichlicher Wassergenuß und die damit verbundene Wärmeentziehung auf verschiedene Zustände des Nervensystems einwirkt; es kann möglicherweise auf dieser Seite durch denselben eben so viel geschadet, als auf der andern genützt werden; und es bedarf noch einer langen Reihe sorgfältiger Beobachtungen, ehe auch nach dieser Seite hin das Urtheil festgestellt werden kann. Das möge den allzugroßen Wasserfreunden eine leise Mahnung zur Vorsicht sein!

Fast in gleich großer Menge aber, wie das Wasser, werden heutigen Tages in der gemäßigten Zone die Aufgüsse von Thee und Caffee getrunken. — Die Wirkung des Wassers als solchen, geht in ihnen beiden, wenn sie nicht etwa in sehr großen Quantitäten und sehr verdünnt genossen werden, fast gänzlich unter. Beide sind aber vermöge der eigenthümlichen Bestandtheile, welche sie aus dem Caffeebohnenmehl oder den Theeblättern aufnehmen, von sehr bedeutendem anderweitigen Einfluß auf den Organismus, und nur um so mehr, als ihr Gebrauch ein so allgemein verbreiteter ist, wollen wir auch dieses ihres Einflusses etwas ausführlicher gedenken.

Was den Caffee anbetrifft, so enthalten die ungebrannten Bohnen 10—13 Proc. Fett, eine den Gerbstoffen sie anreihende, an Kali und Kalk gebundene und in diesem Zustande leicht in Wasser lösliche, stickstofffreie Säure, die sog. Caffeesäure, und, als vorzugsweise wirksamen Bestandtheil, eine organische, stickstoffhaltige Basis von der Zusammensetzung: $C_{16}\,H_{10}\,N_4\,O_5$, das sog. Caffeïn. Als unorganische Bestandtheile finden sich daneben kohlensaures und schwefelsaures Kali, Chlorkalium, phosphorsaurer und kohlensaurer Kalk, Bittererde, Eisen- und Manganoxyd, in einer Gesammtmenge von 3,19 — 5 Proc.*)

---

*) Vgl. Liebig's chemische Briefe S. 611.

Durch das Rösten des Caffee's bildet sich nun, wahrscheinlich aus der Caffeesäure, ein brenzliches Arom, und indem dieses sowohl, wie das Caffeïn etwa zur Hälfte ihrer Gesammtmenge in das heiße Wasser übergehen, mit welchem man die gerösteten und zermahlenen Bohnen extrahirt, sind es auch vorzugsweise diese beiden Bestandtheile, welchen die eigenthümlichen Wirkungen des Caffeeaufgusses zugeschrieben werden müssen. *) Es ist diese Wirkung aber eine doppelte. Einmal besteht sie in einer Erregung des Nervensystems, und dieser Effekt gehört ohne Frage dem Caffeïn zu. Andrerseits giebt sie sich aber auch in einer Verlangsamung des Stoffwechsels kund, und, wie es scheint, geht diese Wirkung vorzugsweise von dem brenzlichen Arom aus. Die erstere anregende Wirkung ist jedem Caffeetrinker bekannt. Es giebt Leute, die des Morgens erst dann sich arbeitsfähig fühlen, wenn sie ihren Caffee genossen haben; von manchen Gelehrten ist es bekannt, daß sie sich Nächte lang durch Caffeegenuß wach und in einem erwünschten Erregungszustande erhalten; das Caffeïn allein, als Arzneimittel dargereicht, äußert diese Wirkung in hohem Grade. Die entgegengesetzte, den Stoffwechsel retardirende Wirkung ist aber nicht minder constatirt, wenn auch erst neuerdings durch die Versuche von Böcker und J. Lehmann bekannt geworden. Sie läßt sich, um es allgemein-verständlich auszudrücken, etwa dahin bestimmen, daß Jemand, der im gewöhnlichen Leben und ohne Caffeegenuß zur gesunden Existenz 1 $\frac{1}{2}$ Pfd. stickstoffreicher Nahrungsmittel bedarf, beim Caffeegenuß etwa nur 1 Pfund dieser Nahrungsmittel erfordert, ohne daß damit seine Leistungsfähigkeit herabgesetzt würde. Und nicht nur auf die stickstoffhaltigen Körperbestandtheile erstreckt sich diese Wirkung des Caffee's, nach Böcker's Untersuchungen vermindert sein Genuß auch die Exhalation der Kohlensäure, d. h. mit andern Worten, er retardirt auch die Meta-

*) Von einem Loth (240 Gran) der gerösteten und gemahlenen Bohnen werden durch Wasseraufguß etwa 3—4 Gran Caffeïn gewonnen. Die Menge des Extractes überhaupt wechselt übrigens nach Payen's Untersuchung je nach der stärkern oder schwächern Röstung. Bei schwachrother Färbung der zermahlenen Bohnen erhält man etwa 25 Proc., bei kastanienbrauner Farbe 19 Proc., bei dunkelbrauner Farbe 16 Proc. Extract. —

morphose der stickstofffreien Nahrungs= und Körperbestandtheile. — So wird denn in der That der Caffeegenuß zu einem Ersparungsmittel, und sein reichlicher Gebrauch unter den ärmeren Classen des Volkes findet sonder Frage darin seine Erklärung. — Wenn aber der Caffee auch ein Lieblingsgetränk des Wohlhabenden bildet, wenn er auch da genossen wird, wo es an reichlichen und nahrhaften Mahlzeiten nicht fehlt, so darf man auch der schädlichen Folgen nicht uneingedenk sein, die sein Genuß, und zwar eben in Folge der den Stoffwechsel retardirenden Einwirkung, herbeiführen muß. Die Beschränkung der hier nothwendigen Kohlensäureexhalation durch Haut und Lungen führt zunächst zu einer Kohlensäureanhäufung im Blute, diese setzt die Leistungsfähigkeit des Nervensystems herab, und daß sich in weiterer Folge davon Blutüberfüllungen der Leber und damit zusammenhängende Leiden, daß sich daraus selbst bleichsüchtige Zustände, in Folge der gestörten Blutkörperchenbildung in der Leber, entwickeln können, unterliegt kaum einem Zweifel. — Und machen wir endlich noch auf einen weit verbreiteten Irrthum aufmerksam! Man ist gemeiniglich der Ansicht, daß der Caffee die Verdauung der Nahrungsmittel befördere, und giebt mit dieser Ansicht dem Caffeegenuß nach guter Mahlzeit gern noch eine theoretische Begründung. Allein in Wahrheit verhält es sich gerade umgekehrt. Wir trinken den Caffee namentlich nach reichlichen Mahlzeiten gern, weil er nicht nur den Stoffumsatz im Allgemeinen verlangsamt, sondern namentlich auch vermöge seiner empyreumatischen Substanzen diejenigen Verdauungsvorgänge im Magen beeinträchtigt, welche durch die Fermentstoffe des Magensaftes eingeleitet werden. Damit aber werden die lästigen Verdauungsbeschwerden vermindert, welche unter andern Umständen der reichlichen Mahlzeit zu folgen pflegen, und nur in dieser Beziehung erweist der Caffee seinen Freunden *scheinbar* eine Wohlthat.

Mit dem *Theeaufguß* verhält es sich ähnlich und doch auch wieder ganz anders, als mit dem des Caffees. Es enthalten die Theeblätter ein flüchtiges, citronengelbes, stark nach Thee riechendes und schmeckendes Oel ($^1/_2$ — 1 Proc.), Gerbsäure, und das dem Caffeïn identische Theïn, eine organische Basis, die in den Blättern wahrscheinlich mit der Gerbsäure zu einem Salze verbunden ist. *Peligot*

berechnete das Theïn zu 6 Proc. Neben diesen organischen Bestandtheilen finden sich aber auch hier wieder eine Reihe unorganischer Verbindungen (ca. 3 Proc.), und es ist sehr bemerkenswerth, daß unter diesen das Eisen eine sehr wesentliche Rolle spielt. Wird nun der Thee mit heißem Wasser ausgezogen, so gehen etwa 15—30 Proc. der eben erwähnten Bestandtheile in das Wasser über, und über die Wirkung eines solchen Aufgusses ist durch Erfahrung und physiologisches Experiment etwa Folgendes festgestellt. Zunächst übt der Thee, ähnlich dem Caffee, eine anregende Wirkung auf das Nervensystem aus, und es ist in dieser Beziehung überaus interessant, zu erfahren, daß das Theïn nicht nur mit dem Caffeïn, sondern auch die größte Aehnlichkeit hat mit dem Kreatinin, welches wir als Bestandtheil des Fleischsaftes kennen lernten und dem eine gute Bouillon vorzugsweise die anregende Wirkung verdankt, welche dieselbe bekanntlich ebenfalls auf das Nervensystem ausübt.*) Eine zweite Wirkung geht aber auch hier wieder der ersten zur Seite. Denn nicht, daß die Anregung des Nervensystems in Folge des Theegenusses beschleunigend einwirkte auf die Vorgänge des Stoffwechsels, es zeigt sich vielmehr auch hier die Metamorphose der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile verlangsamt. Es ist diese Retardation jedoch bedeutend geringer als beim Caffeegenuß, und bestätigen sich die ersten Versuche von Böcker, so differirt die Theewirkung namentlich darin von der den Caffees, daß sie die Exhalation der Kohlensäure durchaus nicht beeinträchtigt. — Die Wirkung des Thees darf darnach im Allgemeinen als bedeutend weniger leicht nachtheilig bezeichnet werden, als die des Caffees. Durch seinen reichlichen Eisengehalt kann der Thee unter Umständen selbst sehr wohlthätige Wirkungen ausüben, und wenn Liebig in dieser Beziehung in seinen „chemischen Briefen" sagt: „Wir genießen in dem Thee ein Getränk, welches den wirkenden Bestandtheil der wirksamsten Mineralquellen enthält, und so gering auch die Menge Eisen sein mag, welche man täglich darin zu sich nimmt, auf die vitalen Vorgänge kann dieselbe nicht ohne Einfluß sein," so glauben wir hinzufügen zu können, daß die Erfahrung

---

*) Die Zusammensetzung des Theïns wird mit: $C_8 N_2 H_5 O_2$ bezeichnet; die des Kreatinins mit: $C_8 N_3 H_7 O_2$.

bereits die Bestätigung dieses Satzes geliefert hat. Ein Vertauschen des Caffeegenusses mit dem des Theegenusses ist oft von den wohlthätigsten Folgen begleitet, und, wie es scheint, ist bei diesem Effekte die Wirkung des Eisens im Spiele. Gegenüber nun aber diesen physiologischen Wirkungen des Caffees und Thees, gegenüber ferner der Thatsache, daß in Europa und Amerika jährlich 80 Millionen Pfund Thee und im Zollverein allein jährlich 60 Millionen Pfund Caffee verbraucht werden, gegenüber endlich der allgemeinen Gebräuchlichkeit und Beliebtheit dieser Getränke, so wie der allseitigen Anerkennung ihrer Wirkungen, läßt es sich wohl kaum in Abrede stellen, daß Liebig sehr Recht hat, wenn er gegen die Annahme streitet, der Caffee- und Theegenuß seien nur Sache der bloßen Angewöhnung. Wir dürfen es mit ihm vielmehr als sehr wahrscheinlich, wenn nicht gewiß ansehen, „daß der Instinkt des Menschen, in dem Gefühle gewisser Lücken oder gewisser Bedürfnisse des gesteigerten Lebens in unserer Zeit, welche durch Quantität nicht befriedigt werden können, eben in diesen Erzeugnissen des Pflanzenlebens das wahre Mittel aufgefunden hat, um seiner täglichen Nahrung die erforderliche und vermißte Beschaffenheit zu geben.“

Schließlich wollen wir noch der gegohrenen, alkoholartigen Getränke erwähnen: des Branntweins, des Biers und des Weins. Sie alle üben vermöge ihres Alkohol-Gehaltes gewisse wesentliche Wirkungen auf den Organismus aus. Doch es gestalten sich diese Wirkungen je nach den übrigen Bestandtheilen eines jeden der genannten Getränke äußerst verschieden.

Der gewöhnliche Kornbranntwein enthält 35—50 Proc. Alkohol. Seine Wirkung auf den Organismus hat in mancher Beziehung große Aehnlichkeit mit derjenigen des Caffees. Es ist bekannt, daß er in mäßiger Quantität genossen, wie dieser, das Nervensystem excitirt. Andrerseits aber wirkt er auch wieder verlangsamend auf den Stoffwechsel ein, und zwar nicht nur auf die Metamorphosen der stickstoffhaltigen, sondern auch auf die der stickstofffreien Nahrungsbestandtheile. Sowohl die Ausscheidung des Harnstoffs, als die der Kohlensäure zeigt sich nach seinem Genuß vermindert. Es kann der Branntwein darnach in der That, ähnlich dem Caffee, als ein Ersparungsmittel

für die ärmern Classen des Volkes betrachtet werden, und sein Genuß ist, wie Liebig so wahr sagt, *) nicht die Ursache, sondern eine Folge der Noth. — Allein wenn sich bei dem Caffee diese Wirkung ohne nachtheilige Folgen entfaltet, so ist es anders beim Branntwein. Die traurigen Wirkungen seines zu reichlichen Genusses sind nur zu bekannt, und bestehen dieselben einmal in einer Erkrankung der Verdauungswerkzeuge, die sich in Folge des auf die Schleimhaut derselben ausgeübten ständigen Reizes entwickelt, so ist eine Zerrüttung des Nervensystems die zweite, noch betrübendere Folge. Geistesstörungen und Erscheinungen, wie sie den Zustand des sog. Säuferwahnsinns begleiten, sind die leider! nur zu oft beobachteten endlichen Erfolge eines anhaltenden reichlichen Branntweingenusses, und wir können nicht umhin, zu schließen, daß es die früher erwähnten Zersetzungsprodukte des Alkohols im Organismus sind, welche diese Erfolge durch eine directe, materielle Veränderung der Nervensubstanz herbeiführen. **)

Auch das Bier enthält Alkohol; es ist aber verhältnißmäßig sehr viel ärmer daran, als Branntwein und Wein. Nach Siemer's Angabe enthalten: Burton Ale ca. 8 Proc., Edinburgh Ale 6 Proc., Brown Stout 6 1/2 Proc., London Porter 5 1/2 Proc., Münchener Bockbier 4 Proc., gewöhnliches baierisches Lagerbier 3 Proc., Berliner Weißbier 2—3 1/2 Proc. und noch leichtere Sorten nur 0,75—1,25 Proc. Außerdem enthält aber das Bier 4—8 Proc. Malzextract (Stärkegummi mit einer geringen Menge von Kleber), das ätherische Oel und andre Bestandtheile des Hopfens, freie Kohlensäure und verschiedene unorganische Bestandtheile, welche je nach dem Getränke und dem zur Bierbereitung angewandten Wasser nicht unbedeutend differiren. — Wird nun das Bier in größern Mengen genossen, so kommt die große Menge des in ihm enthaltenen Wassers sonder Frage zur Wirkung. Der Stoffwechsel erfährt durch dasselbe eine Beschleunigung. Allein es wird dieser Effekt auf der andern Seite durch den Alkoholgehalt paralysirt, und so mag es sich erklären, daß Böcker als Gesammtwirkung des Biergenusses dennoch eine Retardation der Stoffmetamor-

*) Chemische Briefe, S. 605.

**) Vgl. S. 318.

phose constatirte. Die das Nervensystem erregende Wirkung des Alkohols bleibt auch hier nicht aus. Wird aber die Wirkung des Wassergehaltes des Biers durch seinen Alkoholgehalt herabgesetzt, so wird die Wirkung des Alkoholgenusses durch die gleichzeitige Wasserwirkung beeinträchtigt, und die bedeutend weniger schädlichen Folgen eines selbst reichlichen Biergenusses erscheinen in dieser Weise erklärlich. Man darf sich in dieser Beziehung vorstellen, daß der reichliche Wassergehalt des Bieres eine rasche Ausscheidung der Umsatzprodukte des Alkohols in dieser oder jener Form bedingt, und daß in dieser Weise die deletäre Einwirkung derselben auf das Nervensystem fern gehalten wird. Vermöge seines Gehaltes an Gummi, Kleber und gewissen unorganischen Bestandtheilen erhält das Bier aber endlich auch eine direct nährende Eigenschaft, und zusammengehalten mit der eben bezeichneten, den Stoffwechsel retardirenden Wirkung erklärt sie uns vielleicht die oftmalige Erscheinung der reichlichen Fettbildung der Biertrinker. —

Wir erwähnten endlich des Weines. Die verschiedenen Weinsorten enthalten sehr verschiedene Mengen von Alkohol. Nach Siemer's Angabe beträgt derselbe in den Rhein-, Mosel- und leichten österreichischen Weinen 6—12 Proc.; in den spanischen, ungarischen und portugiesischen 15—23 Proc.; und in den französischen 12—15 Proc. Vermöge dieses Alkoholgehaltes übt der Wein ohne Frage eine ähnliche Wirkung auf den Organismus aus, wie der Branntwein. Er excitirt das Nervensystem, verlangsamt aber auch den Stoffwechsel und ist, in größern Quantitäten genossen, von denselben schädlichen Folgen begleitet, wie der letztere. Allein der Wein enthält neben dem Alkohol noch mehre andre Substanzen, und sind unter diesen insonderheit die sog. pflanzensauren Salze (weinsaures Kali, weinsaurer Kalk u. s. w.) ausgezeichnet, so ist es scheinbar auch die Wirkung eben dieser Salze, welche diejenige des Alkohols zum großen Theile wieder neutralisirt. Die den Stoffwechsel retardirende, wie das Nervensystem schädlich afficirende Wirkung des Alkohols geht in dieser Weise zum großen Theil verloren, und, mäßig genossen, übt der Wein so jene anregende und erquickende Wirkung auf das Nervensystem aus, welche uns ihn bald als Arzneimittel, bald als Genußmittel, bald als wahres Lebenselixir, als die „Milch der Greise" preisen läßt. Die reichliche

Mahlzeit muß das volle Glas Wein begleiten, denn die excitirende Wirkung, die derselbe auf das Nervensystem ausübt, ist ein treffliches Beförderungsmittel für die Metamorphosen, welche die eingeführten Nahrungsmittel nothwendiger Weise durchlaufen müssen. Und unschätzbar sind seine Dienste da, wo die gesunkene Lebensenergie der Aufhülfe bedarf. „Als Mittel der Erquickung," sagt Liebig so treffend, „wo die Lebenskräfte erschöpft sind, der Befeuerung und Steigerung, wo traurige Tage zu beringen sind, der Correction und Ausgleichung, wo Mißverhältnisse der Ernährung und Störungen im Organismus eingetreten sind, und als Schutz gegen vorübergehende Störungen durch die unorganische Natur wird der Wein von keinem Erzeugniß der Natur oder Kunst übertroffen." —

So wirken also auch die verschiedenen Getränke, deren wir uns bedienen, in der verschiedensten Weise auf den Organismus ein, und wie sehr auch sie bei Bestimmung oder Beurtheilung einer Diät sorgfältige Berücksichtigung erfordern, ist darnach von selbst klar. — Doch es liegt uns noch eine andre gewichtige Frage vor. Wir haben bis dahin nur die Wirkung der einzelnen Nahrungsmittel und die in qualitativer Hinsicht zu berücksichtigenden Verhältnisse in Betracht gezogen. Wie aber steht es um die der Gesundheit zuträgliche Quantität derselben? Was lehrt in dieser Beziehung die Physiologie? —

Die Frage läßt in der That keine allgemein gültige Antwort zu. Je nach Alter, Geschlecht, Beschäftigung, Individualität, Klima u. s. w. sind die erforderlichen Quantitäten von Nahrungsmitteln so sehr verschieden, daß sich ein bestimmtes Maaß nicht geben läßt. Doch der Mangel dieser Bestimmung wird im praktischen Leben und im Zustande der Gesundheit weniger fühlbar, als es auf den ersten Blick scheint. Wir erwähnten es bereits früher, daß die Natur das Nervensystem zum Wächter über die aufzunehmende Menge von Nahrungsmitteln bestimmt hat, *) und ist der Organismus gesund, so übt auch das Nervensystem diesen seinen Dienst mit solcher Zuverlässigkeit aus, daß man keinen Fehler begehen wird, wenn man seinen Winken jeder Zeit folgt. — Wie aber dann, wenn der Zustand der Gesundheit nicht vorhanden?

---

*) Vgl. S. 241.

Wenn das wirkliche Nahrungsbedürfniß ebensowohl alterirt ist, wie das Empfindungsvermögen des Nervensystems, und also auch Hunger oder Sättigung nicht in normaler Weise percipirt werden? Dem Laien fällt in diesem Falle das Urtheil oft nicht schwerer, als dem Physiologen, denn wir besitzen bis dahin leider noch kaum ein auch nur ungefähres, mittleres Maaß der für einen gesunden, arbeitenden Menschen erforderlichen Nahrungsmenge. Scheinen will es jedoch nach Chossat's, Bidder und Schmidt's, Lehmann's und des Verfassers eigenen in dieser Beziehung angestellten Untersuchungen, daß der gesunde, erwachsene, arbeitende Mann in 24 Stunden in summa etwa $^1/_{25}$ seines Körpergewichts an Nahrungsmitteln bedarf, und die Berechnung, daß von diesem Quantum $^3/_{10}$ auf stickstoffreiche Nahrungsmittel, $^3/_{10}$ auf stickstoffarme, $^4/_{10}$ aber auf die Getränke fallen, liegt vielleicht nicht weit von der Wahrheit entfernt. Betrüge also z. B. das Körpergewicht eines Mannes 125 Pfund, so würde er täglich 5 Pfund Nahrungsmittel und Getränke bedürfen. Von diesen würden aber $1^1/_2$ Pfd. aus stickstoffreicher Kost, als zubereitetem Fleisch, Brod, Eiern, Käse, Hülsenfrüchten u. s. w., $1^1/_2$ Pfund aus stickstoffarmer und stickstofffreier Kost, als Kartoffeln, Reis, Gemüsen u. s. w., nebst Butter, Zucker, Stärkmehl u. s. w., und 2 Pfund endlich aus Getränken, unter denen Caffee und Thee eingeschlossen sind, bestehen müssen. Die annähernd maaßgebende Feststellung dieser Verhältnisse für die verschiedenen Geschlechter, verschiedenes Alter u. s. w. ist ein nothwendiges Desiderat für die Diätetik, und um so mehr nur, als sich ihrem Gewinne keine Schwierigkeiten entgegenstellen, ist es zu hoffen, daß sie alsbald durch sorgfältige und ausgedehnte Studien an gesunden Individuen, nicht aber auf theoretischem Wege, erreicht wird. —

Damit wollen wir die Skizze beenden, welche wir uns oben zur Aufgabe stellten. Mag sie einen Beweis liefern, wie tief die physiologische Forschung in das praktische Leben hineingreift, denn daß all die besprochenen Verhältnisse ohne physiologische Kenntniß weder verstanden, noch richtig ermittelt werden können, ist einleuchtend. Es reden die Laien so viel und so oft von Diät. Haben sie aber auch immer überlegt und Kenntniß davon, welch' inhaltsschwere Lehre die Diätetik

ist?! — Die flüchtigen und wenigen voranstehenden Bemerkungen haben es vielleicht klar gemacht, daß es sich hier um mehr, als ein Zuviel oder Zuwenig handelt, und in der That, die Aufgabe, eine Diät für irgend ein Individuum festzustellen, kann oftmals eine der schwierigsten und doch wichtigsten sein, welche dem Arzte oder dem Physiologen zufallen. — Wenn es aber wahr ist, — und wir wiederholen es auch hier —, daß ein richtiges diätetisches Verhalten die Grundlage alles menschlichen Gedeihens bildet, so ist auch der Wunsch nur zu gerechtfertigt, daß sich richtige und feststehende diätetische Principien weiter und weiter verbreiten; und ist eine solche Verbreitung sonder Frage vorzugsweiser Beruf der praktischen Aerzte, so muß auch ihnen insonderheit eine genaue Kenntniß und ein emsiger, sorgfältiger Ausbau der einschlägigen Thatsachen am Herzen liegen. Und bieten sich ihnen nicht zugleich in der richtigen Handhabung und Verwendung jener Kenntnisse die mächtigsten Waffen dar gegen viele Krankheitszustände? Kann es heutigen Tages noch zweifelhaft sein, daß eine rationelle Diätetik die Grundlage einer wissenschaftlichen Heillehre bildet? — Mit einer Veränderung des relativen Mengenverhältnisses der stickstoffhaltigen und stickstofffreien Nahrungsbestandtheile, mit einer Modification in der Auswahl der vegetabilischen und animalischen Nahrungsmittel und einer damit veränderten Zufuhr unorganischer sowohl, als organischer Nahrungsbestandtheile, wird allemal auch wesentlich modificirend in den Ernährungsproceß eingegriffen, und bieten sich dem Arzte zu seinem jedesmaligen Zwecke keine geeigneten natürlichen Nahrungsmittel dar, kann er mit Hülfe der gewöhnlichen Kochkunst seine Zwecke nicht erreichen, so bleibt ihm das unschätzbare Mittel künstlicher Modificationen der Diät übrig, ein Mittel, dessen Werth bis dahin nur noch selten richtig erkannt wird. — Es gehört hierher schon die durch Liebig eingeführte, durch besondere Behandlung des Fleisches zu gewinnende und allen Ansprüchen einer kräftigen Ernährung entsprechende Bouillon; es gehört hierher jener ebenfalls von Liebig gemachte Vorschlag, dem gewöhnlichen Roggenbrod durch Bereitung desselben mit einem Theil Kalkwasser einen erhöhten Nahrungswerth, und insonderheit einen erhöhten Gehalt an phosphorsauren Kalk zu verleihen. Meistens gestalten sich jedoch die Aufgaben weit schwieriger. Gesetzt

nur z. B., man wollte einem Kranken stickstoffhaltige und stickstofffreie Nahrungsbestandtheile in der Proportion von 1 : 8, dabei aber die unorganischen Bestandtheile der animalischen Nahrung reichen, in welcher Weise würde diese Aufgabe erfüllt werden können? Der ersten Anforderung würden die Kartoffeln entsprechen, hinsichtlich der zweiten würde mit ihnen aber ein bedeutendes Deficit an Eisen und phosphorsauren Salzen entstehen. Die Milch wieder würde die zweite Aufgabe erfüllen, aber stickstoffhaltige und stickstofffreie Nahrungsbestandtheile sind in ihr in der Proportion von 1 : 3—4 enthalten. Wie also ist da zu helfen? — Nur künstlich, nur dadurch, daß entweder der Milch ein Theil ihres stickstoffhaltigen Käsestoffs entzogen und dem Kranken eine trübe Molke gereicht wird, oder dadurch, daß neben der Kartoffelnahrung — abgesehen hier von den Beziehungen der Nahrungsmittel zu den Verdauungsorganen — ein Gebrauch von Eisen, phosphorsauren Salzen und vielleicht Mineralsäuren (zur Aufhebung der Wirkung der in den Kartoffeln enthaltenen pflanzensauren Salze) einherginge. Derartige Beispiele ließen sich viele anführen, und die praktische Prüfung der Erfolge solcher künstlichen Modificationen kann nicht dringend genug empfohlen werden. — Schon längst wendet man eine Menge von Stoffen als Arzneimittel an, welche wir als integrirende Bestandtheile unserer Nahrungsmittel kennen. So das Eisen, die pflanzensauren Salze, das phosphorsaure Natron, den phosphorsauren Kalk u. s. w. Führen wir mit ihnen aber in der That etwas andres herbei, als eine Modification der Diät der eben bezeichneten Art? — Mit der Erkenntniß dieser Wahrheit gewinnt die Anwendung vieler Arzneimittel eine Vertrauen erweckende Rationalität, und mit ihr schwindet der heimliche Zauber, den für Manche das Arzneimittel noch besitzt. —

Ohne Physiologie keine Diätetik; ohne wissenschaftliche Diätetik keine Gesundheitspflege, keine Heillehre. — Sollen wir zum Schluß noch weiter der innigen Beziehungen gedenken, welche zwischen der Physiologie und der Heilkunde obwalten? Sollen wir noch ausführlicher darlegen, daß nur die Physiologie der Boden ist, auf dem eine wissenschaftliche und allen Zeiten Stand haltende Heilwissenschaft erstehen kann?

Die Aufgabe ist zu groß und zu ernst, als daß wir sie mit kurzen Worten behandeln möchten. Verschieben wir sie auf eine andere Zeit. — Wenn aber das landschaftliche Bild, von dem wir bei Betrachtung der uns gegenwärtig umgebenden Natur den Ausgang nahmen, den Eindruck der Ruhe und des ungestörten Einklanges in uns erzeugte, wenn wir wissen, daß diese Ruhe und dieser Einklang im Pflanzen- wie im Thierreich abhängig sind von gewissen Bedingungen und daß sie nur dann vorhanden sein können, wenn sich diese Bedingungen sämmtlich in bestimmter, gesetzmäßiger Weise verhalten, so fügen wir jetzt hinzu, daß diese Bedingungen auch größerer und geringerer Alterationen fähig sind, und es ist damit zunächst nicht nur überhaupt die Möglichkeit einer Störung jener Ruhe und jenes Einklanges gegeben, es führt uns die richtige Auffassung dieser Verhältnisse auch unmittelbar zu der allein richtigen Anschauung hin, daß das kranke Leben nur ein unter abnormen Bedingungen ablaufendes Leben darstellt, daß die Krankheit kein Wesen besonderer Natur, kein Dämon ist, der den Organismus befällt, und daß wir also auch nicht sowohl von Krankheiten, als vielmehr nur von kranken Individuen zu reden haben. — Und wenn wir ferner den ungestörten Lebensproceß gewisse Erscheinungen, deren Darstellung die Aufgabe der Physiologie ist, darbieten sehen, wenn wir wissen, daß der kranke Lebensproceß ebenfalls gewisse aber andre Erscheinungen darbietet, als jener, so nöthigt uns die Kenntniß dieses Verhältnisses zu der Einsicht, daß nur ein sorgfältiger Vergleich der irgend und irgendwie bestimmbaren Lebenserscheinungen des gesunden und kranken Organismus zur richtigen Erkenntniß des innern Wesens der verschiedenartigen Störungen des Lebensprocesses führen kann, während die Ursache derselben lediglich und allein in irgend einer Alteration der normalen Lebensbedingungen gesucht werden muß. — Und wenn es dann endlich oftmals in unserer Macht steht, die irgendwie alterirten Lebensbedingungen zur Norm zurückzuführen, wenn es nicht fraglich ist, daß uns Mittel zu Gebote stehen, durch welche wir, tiefeingreifend in die Lebensvorgänge, manche der bereits stabilirten Störungen des Lebensprocesses zu entfernen ververmögen, so gelangen wir zu der Ueberzeugung, daß es ein ärztliches Wirken, daß es eine wahre Heilwissenschaft giebt, und daß die Auf-

gabe und Kunst des Arztes nicht nur in einer dem Streben nach nützlichen Thun ungenügenden Erkenntniß der Krankheiten, nicht nur in einem müssigen Beschauen derselben, sondern vielmehr in der tiefen und gründlichen Erforschung der Wirkung der ihm zu Gebote stehenden Heilmittel und in einer Verwendung derselben besteht, die, wissenschaftlich begründet, kräftig und haltgebietend eingreift in die verschiedenen Störungen, denen der Lebensproceß zugängig ist. —

Wir leben in einer Zeit, wo die Physiologie noch viele offene Fragen darbietet, wo trotz hundertjähriger Erfahrung und Beobachtung dem ärztlichen Wirken der feste Halt fehlt, den allein die strenge Wissenschaft darbietet. Es soll dieses Bekenntniß dem Laien nicht vorenthalten werden, denn nur die Wahrheit erweckt Vertrauen, und nur sie wird es verhüten können, daß der Charlatanismus weitere und weitere Gränzen erreicht. Aber die strenge Forschung hat uns gelehrt, auf welchem Wege ein sicheres Ziel zu erreichen ist; die Fortschritte andrer Wissenschaften und Künste haben uns in den Besitz vieler Mittel gebracht, durch welche das Ziel rascher zu erreichen sein wird, als es vor wenigen Jahren noch schien; und so gewiß wird und muß auf diesem Wege durch die gemeinsame Thätigkeit der Physiologen nnd Aerzte, durch eine geordnete Theilung der Arbeit das endliche Ziel einer wissenschaftlichen Heilkunde gewonnen werden, als es unumstößliche Gewißheit ist, daß auf keinem Gebiete der Natur und der Naturforschung das Wunder regiert, sondern das ewig wahre und feststehende Naturgesetz, ein Gesetz, welches sich nicht nur ergründen läßt, sondern, richtig ergründet, auch allen praktischen Bestrebungen ihre bestimmten Wege vorzeichnet!

Inhaltsübersicht

des ersten und zweiten Bandes.

Erster Band.

Zweiter Band.

Der innere Bau und das Leben des Thieres.

1. Bau und Verrichtungen der Apparate des animalen Lebens.

Elfter Vortrag: Der Bau und die Verrichtungen der Sinnes- und Bewegungsapparate. 131—179

2. Bau und Verrichtungen der Apparate des vegetativen Lebens.

Zwölfter Vortrag: Der Bau und die Verrichtungen der Verdauungsapparate.

Berichtigungen.

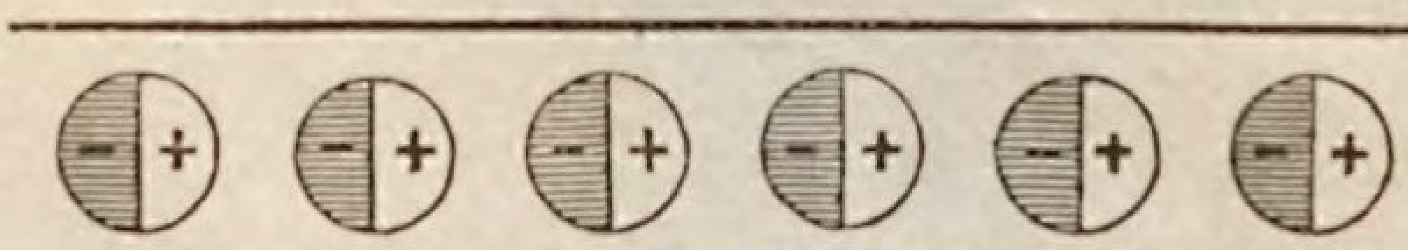
In Band I. sind nachträglich folgende Berichtigungen aufzunehmen:

S. 56 Z. 15 v. unten lies statt 1739 : 1719.
„ 62 „ 15 „ oben „ „ $1738\frac{3}{5}$: $1718\frac{3}{5}$.
„ 301 „ 9 „ unten „ „ allverbreitende : allverbreitete.

Band II.

S. 18 Z. 11 v. unten ist nach den Worten „ihm abzulösen“ einzuschalten: oder auch stets mit ihm verbunden zu bleiben.
S. 29 Z. 2 v. oben lies statt die feinen sind leiner : die einen sind kleiner.
S. 40 Z. 6 v. unten lies statt Bauchspeicheldrüsen : Bauchspeicheldrüse.
„ 59 „ 10 „ „ „ „ befriedigendem : befriedigenden.
„ 64 Anmerkung *) „ „ Fasern : Faser.
„ 71 Z. 8 v. unten „ „ Körperabschnitt : Körperabschnitte.
„ 78 „ 3 „ „ „ „ Beispiele : Beispiel.
„ 79 sind Z. 12 v. o. hinter „scheinen“ das Wort „es,“ und Z. 13 hinter „Darstellung“ die Worte „zu sein“ einzuschalten.
„ 85 Z. 9 v. oben lies statt allgemeine : allgemein.
„ 93 „ 4 „ unten „ „ sind : werden.
Auf dieser Seite ist durch ein Versehen die nachstehende Figur 139 b. fortgelassen:

Fig. 139 b.



Die Note in Z. 5 v. unten: (s. Fig. 139 b. a f. S.) bezieht sich auf diese Figur, und die Figur auf S. 94 muß bezeichnet werden als Fig. 139 c. —
S. 111 Z. 14 v. o. lies statt da : daß.
„ 127 „ 3 „ „ „ „ Abschnitt : Abschnitte.
„ 141 „ 3 „ „ ist hinter „Linse“ ein Komma zu setzen.
„ 150 „ 15 „ u. lies statt wir haben : haben wir.
„ 265 „ 16 „ o. „ „ dem Namen : den Namen.
„ 282 „ 2 „ u. „ „ einzelne : einzelnen.
„ 290 „ 16 „ „ „ „ Entwicklung : Erdentwicklung.
„ 311 „ 15 „ o. ist hinter „Kreatinin“ einzuschalten: „Harnsäure.“
„ 403 „ 16 „ u. lies statt alkoholartigen : alkoholhaltigen.

Druck von M. Bruhn in Braunschweig.

Beneke, Friedrich Wilhelm,

Physiologische Vorträge für Freunde der Naturwissenschaften niedergeschrieben

Oldenburg 1856